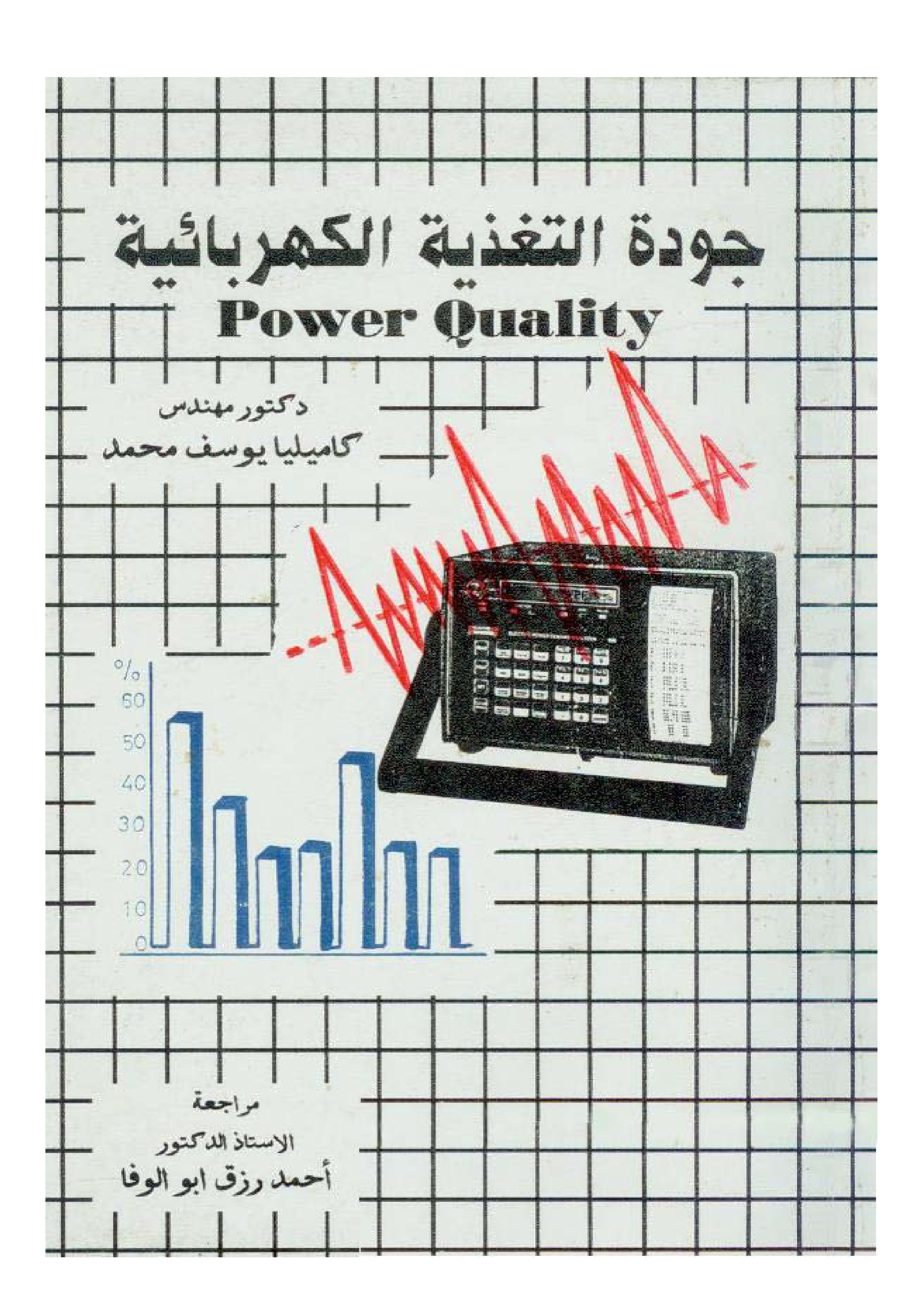


جودة التغذية الكهربائية
Power Quality
دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد
%
60
50
40
30
20
10
0
مراجعة
الاستاذ الدكتور
أحمد رزق ابو الوفا

جودة التغذية الكهربائية

Power Quality

دكتور مهندس

كاميليا يوسف محمد

مراجعة

الاستاذ الدكتور

أحمد رزق ابو الوفا

تصميم الغلاف :

م / أحمد طه هاشم

بسم اللّه الرحمن الرحيم

أقرأ بِاسم ربِّك الَّذى خلق (١) خلق الإنسان من علق (٢)
أقرأ وربك الأكرم (٣) الذى علّم بالقلم (٤)
علَّم الإنسان مالم يعلم (٥)

صدق الله العظيم

من سورة العلق



بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الحمد لله الذى مكننى من اعداد هذا الكتاب "جودة التغذية الكهربائية" نظراً لانه علم حديث ، ملئ بالمصطلحات العلمية الجديدة وأملى أن أكون قد وفقت فى توصيل المعلومات للمهتمين بهذا العلم .

ولا أحد ينكر ان الفضل يعود للسيد المهندس / احمد مصطفى المفتى رئيس مجلس الادارة والعضو المنتدب لموافقة سيادته على طباعة وتوزيع مجموعة الكتب التى سبق أن اصدرتها الشركة واستفاد منها المهندسين والفنيين العاملين بمجال الكهرباء .

ويحتوى هذا الكتاب على الابواب الآتية : التعريف بجودة التغذية الكهربائية ـ انواع الاضطرابات ـ مصادر الاضطرابات ـ القيم القياسية العالمية لمستويات الاضطرابات ـ علاج الاضطرابات ـ مراقبة جودة التغذية ـ اختبارات المناعة .

وكلنا يعلم ان الكمال لله وحده لذا فاننى اشكر من ارسل لى رأياً فى مواد الكتب السابقة كما يسعدنى أن أشكر مقدماً كل من يرسل لى رأياً فى مادة كتاب "جودة التغذية الكهربائية" حتى يكون مساعداً لى فى المستقبل .

كما أشكر دار الجامعيين التى قامت بجهد مشرف فى طباعة واخراج الكتاب على هذا الوجه المشرف .

وادعو الله أن تعم الفائدة المرجوة من وراء هذا الكتاب جموع المهندسين .

وآخر دعوانا ان الحمد لله رب العالمين .

د. كاميليا يوسف محمد

يناير ١٩٩٥

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

ادى التقدم السريع فى الالكترونيات الصناعية وحاجة المستهلك الدائمة الى أجهزة اكثر تقدماً تلاحق التقدم فى الصناعة والمعلومات الى زيادة كبيرة فى الاحمال الغير خطية على الشبكات الكهربائية مما أدى الى تشبع الاخيرة بالتوافقيات وتقلبات الجهد اضافة الى مشاكل الشبكات الاساسية الناجمة من عدم توازن الاحمال على الاوجه الثلاثة والهبوط فى الجهد وانقطاعات التيار مما تسبب فى حيود جودة التغذية الكهربائية عن المعايير القياسية .

والمثير فى الموضوع أن الأجهزة (الحواسب الالكترونية واجهزة تغذيتها بتيار غير متقطع) المشعه للاضطرابات فى الشبكة الكهربائية هى أكثرها حساسية لمثل هذه الاضطرابات .

وكان لزاماً ان يعالج هذا الموضوع بطريقة علمية مبسطة دون المساس بالدقة المطلوبة للعرض ليستفيد به جميع المهتمين بالتشغيل الامثل للشبكات الكهربائية ، مع الاهتمام باستيفاء جميع جوانب موضوع جودة التغذية الكهربائية بدراسة جميع مظاهر الاضطرابات على الشبكة وتتبع مصادر هذه الاضطرابات وبيان أوجه المعالجة ومراجعة المواصفات القياسية للتناسق الكهرومغناطيسى والالكتروستاتيكى ومناعة المعدات الكهربائية . وقد توخى سياق العرض اظهار الطرق المتبعه فى تخطيط جودة التغذية على الجهود المختلفة .

يعكس كتاب "جودة التغذية الكهربائية" اهمية هذا الموضوع بالاعتماد على أحدث ماتوصل اليه المشتغلون بالمجال ، والكتاب مظهرمشرف للجهد المتواصل لشركة توزيع كهرباء الاسكندرية ويمثل الانتاج السادس للدكتور مهندس / كاميليا يوسف محمد احدى ابناء الشركة .

وقد شرفنى السيد المهندس رئيس مجلس الادارة والعضو المنتدب لشركة توزيع

كهرباء الاسكندرية بمراجعة محتويات الكتاب مع شديد الحرص على أن يعكس ، بقدر الامكان ، شتى جوانب هذا الموضوع الواسع "جودة التغذية الكهربائية" أضافة الى اهتمام خاص ببيان امكانية استخدام المهندسين لمحتوى الكتاب فى التعرف على الاضطرابات بالشبكات وطرق معالجتها بجانب اختبارات مناعة المعدات .

ولايفوتنى اسداء جميل الشكر الى وزارة الكهرباء والطاقة والشعبة القومية "سيريد" على توفير فرصة الاحتكاك مع المتخصصين فى المجال من جميع بلدان العالم

المراجع
أ.د أحمد رزق ابو الوفا
استاذ المحطات والشبكات الكهربائية
كلية الهندسة ـ جامعة عين شمس

الفهـــرس

الموضـــوع	رقم الصفحة

الموضـــــوع	رقم الصفحة

الباب الأول

ماذا تعنى جودة التغذية الكهربائية ؟

What is the Power Quality ?

يتزايد استخدام المعدات والاجهزة ذات الخصائص غير الخطية فى الشبكات الكهربائية ، ومع تعدد واختلاف انواع المستهلكين : سكنى ، تجارى ، صناعى ، زراعى ، ... والتى تغذى من شبكة توزيع كهربائية معقدة تحتوى على كابلات ، وخطوط هوائية ، ومحولات .... كل ذلك يتسبب فى حدوث اضطرابات فى القدرة الكهربائية ، تشوه موجتى الجهد والتيار ، نتيجة للتوافقيات ، تقلب وارتعاش الجهد ، انخفاض وارتفاع الجهد ، وعدم اتزان الجهد والتيار .... وتكون النتيجة فى النهاية اختلال عمليات تشغيل المعدات الالكترونية الحساسة او انقطاع التغذية الكهربائية عن المعدات او انهيار بعض المعدات ...

ويزداد تأثر المعدات ذات الحساسية العالية للتغيرات فى موجات التغذية كلما :

- ضاقت الحدود المسموح بها للتغيير فى جهد تشغيل المعدات الكهربائية .
- كلما خلت المعدات من نظام مصدات *(Buffering System)* كافية أو عدم إحتوائها على مرشح لتنقية موجة جهد المصدر .

من ذلك كله نشأ التفكير فى جودة التغذية *(Power Quality)* لتحقيق احسن آداء للمعدات والاجهزة الكهربائية لدى المستهلكين .

عموماً ترتبط الجودة الكهربائية بشكل الموجة والتى تحدد بالعوامل الآتية :

- القيمة *(Amplitude)*
- التردد *(Frequency)*
- التوافقيات *(Harmonics)*
- تماثل الاوجه الثلاثة للنظام *(Symmetry of 3-phase system)*

يؤدى اى تغيير فى أى من العوامل السابقة الى التأثير والتغيير فى شكل الموجه الجيبية لمصدر التغذية بينما يتحقق مبدأ جودة التغذية الكهربائية اذا كانت جميع القيم

فى الحدود القياسية العالمية المسموحة .

يبحث علم جودة التغذية الكهربائية فى معرفة مصادر الاضطرابات فى القدرة وعلاجها .

وهنـاك اكثر من طريقة لتصنيف انواع الاضطرابات فى التغذية الكهربائية نذكر منها :

أ - من حيث التردد :

تصنف الاضطرابات الى :

١ – اضطرابات ذات ترددات منخفضة *(Low Frequencies)* :

عدم الاتزان *(Unbalance)*

الارتعاش *(Flicker)*

التوافقيات *(Harmonics)*

انقطاع التغذية *(Interruptions)*

انحدار الجهد *(Voltage Dip)*

٢ – اضطرابات ذات ترددات عالية *(High Frequencies)* :

الجهود العابرة *(Transient Voltage)*

الجهود المرتفعة *(Over Voltage)*

ب - من حيث الزمن :

١ – الاضطرابات المستمرة وهى التى تظل فترة زمنية طويلة :

عدم اتزان الجهد

التوافقيات

ارتفاع وانخفاض التردد

ارتفاع وانخفاض الجهد

الشوشرة

٢ - الاضطرابات العشوائية او العابرة وهى ذات فترة زمنية صغيرة جداً :

الانحدارات والارتخاءات فى الجهد *(Voltage dips and sags)*

الجهود الابرية *(Voltage Spikes)*

جـ - من حيث مسئولية هيئات الكهرباء *(Utility)* ومسئولية المستهلك *(Consumer)* :

١ - الاضطرابات الاساسية مسئولية هيئات الكهرباء :

- التردد
- قيمة جهد المصدر
- الانقطاعات
- الجهود المرتفعة اللحظية
- انحدارات الجهد

٢ - الاضطرابات الثانوية الناتجة من المستهلك :

- التوافقيات
- الارتعاش
- تقلبات الجهد *(Fluctration)*
- عدم الاتزان

ويعتبر تصنيف الاضطرابات من حيث الزمن هو الاكثر استخداماً ، حيث يتم اولاً تحديد مصادر وانواع الاضطرابات فى الشبكات الكهربائية ثم معالجتها للوصول الى القيم القياسية المسموحة للجهد والتردد والتوافقيات ، فاذا امكن تحقيق ذلك مع عدم انقطاع التغذية ، فان ذلك يوفر جودة عالية للتغذية الكهربائية .

ويوضح جدول (١-١) أمثلة لبعض انواع الاضطرابات ومصدرها

جدول (١-١) أمثلة لبعض أنواع الاضطرابات ومصدرها

نوع الاضطراب	المسبب
توافقيات الجهد	- اجهزة التليفزيون . - لمبات الفلورسنت . - خافض شدة الإضاءة . - مغيرات السرعة . - الموحدات . - المبدلات .
عدم اتزان الجهد (التيار)	- الترام . - ماكينات اللحام .
التقلب فى الجهد (التيار)	- بداية تشغيل المحركات . - محركات المصاعد . - تشغيل المكثفات .
الارتعاش فى الجهد	- افران القوس الكهربى . - ماكينات اللحام . - وحدات الاضاءة الكبيرة . - ورش النسخ الفوتوغرافية .

الباب الثانى

أنواع الاضطرابات فى القدرة الكهربائية

Types of Power Disturbances

تعتبر القدرة الكهربائية نموذجية عندما تكون موجات جهودها للثلاثة أوجه جيبية ونقية عند التردد الاساسى للمصدر ، ولها نفس القيمة ، التى تسمى بجهد الخط الاسمى ، وبزاوية مرحلية ١٢٠° بين كل وجهين ويعكس حدوث اى حيود فى هذا الوصف اضطرابات فى الجهد وبالتالى فى القدرة الكهربائية .

تصنف الاضطرابات الى النوعين التاليين :

- الاضطرابات المستمرة ، اى الاضطرابات التى تستمر لفترة زمنية طويلة نسبياً .
- الاضطرابات العشوائية او العابرة اى أن الاضطرابات تظل لفترة زمنية صغيرة جداً

١ - الاضطرابات المستمرة *Continuous or Long-lasting Disturbances*

وتتلخص انواع الاضطرابات المستمرة فيما يلى :

أ – عدم اتزان جهود الاوجه الثلاثة .

ب – التشوه بالتوافقيات ، عندما تحتوى موجه الجهد على مركبات عند الترددات المختلفة .

جـ – ارتفاع وانخفاض التردد .

ء – ارتفاع وانخفاض الجهد .

هـ – الشوشرة فى الجهد نتيجة تقلب الاحمال .

ولتسجيل هذه الاضطرابات فانه يمكن توصيل اجهزة قياس مناسبة لفترة زمنية محددة (أقل من ٢٤ ساعة) ، وغالباً ستقوم الاجهزة بتسجيل هذه الاضطرابات او بعضها اعتماداً على نوع الحمل وطبيعة الشبكة ، حيث ان هذه الاضطرابات موجودة عادة فى موجات الشبكة الكهربائية .

٢ - الاضطرابات العشوائية او العابرة *Random or Transient Disturbances*

تتكون أنواع الاضطرابات العابرة من

أ – الانحدارات والارتخاءات فى الجهد *Voltage Dips and Sags*

ب – الجهود الابرية *Voltage Spikes*

والجهود الابرية عبارة عن ارتفاع فى الجهد لفترة زمنية صغيرة جداً جداً (عدد قليل من المللى ثانية) وهى تصاحب، فى العادة، حدوث الصواعق أو اثناء عمليات التشغيل (التعشيق والفصل) اما بالنسبة للانحدار فى الجهد فقد تم تعريفه بأكثر من طريقة منها :

١ – أنه انخفاض مفاجئ فى الجهد عند نقطة فى الشبكة الكهربائية يتبعها استعادة للجهد بعد فترة زمنية صغيرة ، حوالى من نصف دورة حتى عدد قليل من الثوانى .

٢ – انه انخفاض مفاجئ فى جهد المصدر بقيمة تتراوح بين ١٠٪ الى ١٠٠٪ من قيمة جهد المصدر ، يتبعه استعادة للجهد بعد فترة زمنية صغيرة ، والتى تكون من ١٠ مللى ثانية الى دقيقة واحدة .

٣ – انه الانخفاض فى قيمة جذر متوسط مربعات الجهد *(rms)* ويستمر من ٥, الى ٣٠ دورة .

ومما سبق يتضح ان الاضطرابات العابرة تحدث فى زمن غير متوقع . ولذلك فهى لاتظهر (او قد تظهر) عند استخدام مسجلات لقياس وتسجيل الاضطرابات فى الشبكة الكهربائية .

وقد ذكرت المجلة العلمية :

(Institute of Electrical and Electronics Engineers) IEEE std. 1100-1992

أنواع الاضطرابات المؤثرة على جودة التغذية الكهربائية واوضحت موجاتها كما فى جدول رقم (٢-١) .

وسوف نتعرض فى هذا الباب لتوضيح انواع الاضطرابات الشائعة عند المستهلك وهى : .

١ – انقطاعات التيار الكهربى *(Outages)* .

٢ – الارتفاع فى الجهد *(Over voltage)* .

نوع الاضطراب	شكل الموجه
إندفاع مفاجئ في الجهد *Transient Voltage Surge*	
موجة مشوشرة *noise*	
موجة تحتوي على نقرات *Notches*	
تشوه موجة الجهد *Voltage Distortion*	
الانحناء *sag*	
انتفاخ *Swell*	
انخفاض الجهد *under voltage*	
ارتفاع الجهد *over voltage*	
انقطاع لحظي في الجهد *Momentary Interruption*	
انقطاع فترة طويلة *long-term interruption*	
تغيير في التردد *Frequency variation*	

جدول (٢ - ١) الاضطرابات المؤثرة على جودة التغذية الكهربائية

« جودة التغذية الكهربائية »

٣ – الانحدارات وارتخاءات في الجهد *(Voltage dips and sag)* .

٤ – الشوشرة الكهربائية *(Electrical noise)* .

٥ – التوافقيات *(Harmonics)* .

٦ – تقلب الجهد والارتعاش *(Voltage fluctuation and Flicker)* .

وفيما يلي توضيح لكل نوع:

١ - انقطاعات التيار الكهربى *Outages or long-term interruptions*

يعرف انقطاع الكهرباء بأنه الانقطاع الكامل للتغذية الكهربائية والتى كانت موجودة منذ أقل من ثانية سابقة للانقطاع وكذلك كانت مستمرة لعدة ساعات . وتحدث الانقطاعات ، عادة نتيجة الاعطال (قصر الدائرة) فى الشبكة الكهربائية او نتيجة لعمل اجهزة الفصل والتعشيق الآلية .

وتصنف الانقطاعات الى :

أ – الانقطاعات اللحظية *(Momentary Interruptions)*

وفى هذه الحالة ينقطع التيار الكهربى لمدة ثانية او عدة ثوانى فقط (كما فى شكل ٢-١).

ب – الانقطاع الكامل *(Blackouts or Permanent Interruptions)*

وفى هذه الحالة يتعدى زمن إنقطاع التيار الكهربى عدة ثوانى (كما فى شكل ٢-٢) وتؤثر الانقطاعات على جميع المعدات وتسبب خسائر مادية للصناعات التى تعتمد على الانتاجية .

٢ - الارتفاع فى الجهد *Over Voltage*

تخضع المعدات الكهربائية للاجهادات الحادثة على ومن الشبكة الكهربائية المغذية لها . ومن هذه الاجهادات ارتفاع الجهد ، حيث يظهر تأثير الاجهادات على المواد العازلة لأجزاء المعدات الحاملة للتيار ، والتى يحدث لها انهيار بتكرار وطول فترة تعرضها لاجهادات الجهود المرتفعة وكلما انخفضت قيمة الجهد المرتفع وقصرت فترة استمراره كلما ساعد ذلك على اطالة عمر المعدة الكهربائية .

يصنف ارتفاع الجهد الى :

أ - اندفاع مفاجئ فى الجهد *(Voltage Surge)*

وهو ارتفاع فى الجهد يستمر لمدة تتراوح بين ١٥ مللى ثانية الى ٥٠٠ مللى ثانية ، بينما اذا استمر لأكثر من ثانيتين فانه يعتبر ارتفاع فى الجهد وليس اندفاع مفاجئ .

وعادة تزيد قيمة الاندفاع المفاجئ فى الجهد الى ٢٠٪ من قيمة الجهد الاسمى للخط ويحدث هذا الجهد اما نتيجة للتغير المفاجئ فى الاحمال الزائدة او عند عمليات التشغيل (التعشيق والفصل) للخطوط .

ويبين شكل (٢-٣) موجة الاندفاع المفاجئ فى الجهد

ب - النبضات او الجهود الابرية *(Impulses or Voltage Spikes)*

هى حدوث نبضات حادة خلال فترة زمنية صغيرة جداً (أقل من ٢٠٠ مللى ثانية) ، كما فى شكل (٢-٤) . وتنتج من الزيادة اللحظية فى القدرة الكهربائية .

فمثلاً فى حالة جهد المصدر ١٢٠ڤولت (تيار متردد) تكون قيمة نبضة الجهد الحادة فى الحدود من ٢٠٠ الى ٢٠٠٠ ڤولت .

وعادة تحدث النبضات العالية نتيجة شرارة الصواعق *(Lightning Striking)* على خطوط نقل الطاقة وكذلك نتيجة عمليات الفصل والتعشيق للأحمال الكبيرة مثل المكيفات والمعدات والمصاعد والروافع الكهربائية .

وتسبب هذه النبضات افساد البيانات المخزونة بالحاسبات الآلية مما يصعب الحصول على النتائج المرجوة ، بالاضافة الى حدوث تشوه بالدائرة الالكترونية وانهيار المعدات الكهربائية .

جـ - الارتفاع فى الجهد لحظياً *(Momentary Over Voltage (or Swell)*

هو الارتفاع فى الجهد اكبر من الحدود الاسمية المسموحة قياسياً لفترة زمنية صغيرة جداً ويحدث هذا الارتفاع غالباً نتيجة الانخفاض المفاجئ للأحمال او فصل معدة ذات سعة عالية جداً .

٣ - الانحدار والارتخاء فى الجهد Voltage dip & voltage sag

يمكن ان تسبب الاضطرابات الدائمة (التوافقيات واهتزازات الجهد) فى زيادة الفقد فى الآلات الكهربائية ومعدات الجر ، كما تؤدى إلى سخونة واهتزازات زائدة والتى قد تسبب انهيار ميكانيكى للمحركات . وتكون انحدارات الجهد *(Voltage dips)* وارتخاءات الجهد *(Voltage sags)* هى أكثر الاضطرابات تأثيراً على الالات الكهربائية ومعدات الجر ..... .

وقد عرفت المواصفات القياسية العالية *IEC 1000-2-1* كل من انحدارات وارتخاءات الجهد كالآتى :

انحدار الجهد Voltage dip

هو انخفاض مفاجئ فى الجهد عند نقطة فى الشبكة الكهربائية . يتبعه استعادة الجهد *(Voltage recovery)* بعد فترة زمنية صغيرة ، تتراوح من نصف دورة الى عدد قليل من الثوانى .

وتحسب قيمة انحدار الجهد تبعاً للمعادلة الآتية :

$$\text{نسبة انحدار الجهد} = \frac{\text{الجهد الاسمى} - \text{الجهد الحقيقى}}{\text{الجهد الاسمى}} \times ١٠٠$$

$$(\text{Voltage dip } \% = \frac{V_{nominal} - V_{real}}{V_{nominal}} \times 100$$

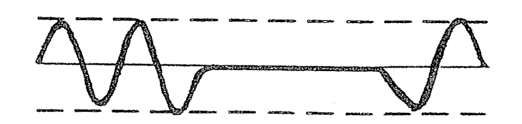
ارتخاء الجهد او انقطاع التغذية الكهربائية لفترة قصيرة

Voltage sag (or short supply interruption)

وهو انسحاب جهد المصدر لفترة زمنية لاتتعدى دقيقة واحدة اما اذا استمر الارتخاء فى الجهد اكثر من دقيقة فان الحالة تعتبر انخفاض فى جهد المصدر .

ويوضح شكل (٢-٥) موجتى ارتخاء وانحدار فى الجهد.

ويلاحظ الآتى :

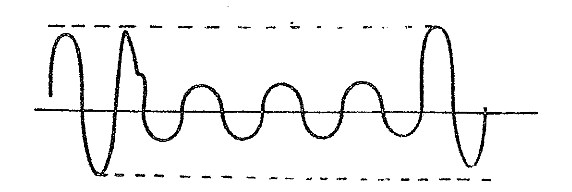


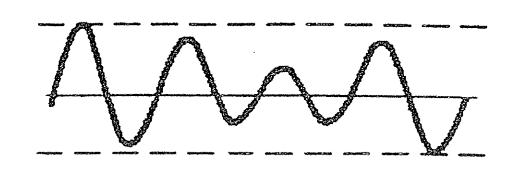
شكل (٢-١) انقطاع لحظي

شكل (٢-٢) انقطاع كامل

شكل (٢-٣)
الاندفاع الفاجئ في الجهد

شكل (٢-٤) النبضات





شكل (٢-٥) موجتي ارتفاع وانحدار في الجهد

- اذا صاحب انخفاض او ارتخاء الجهد استمرارية التغذية ببعض الطاقة المتاحة ، فان هذا يعنى حدوث انحدار فى الجهد او حدوث ارتخاء فى جهد وجه واحد (ونادراً وجهين).

- اذا انقطعت التغذية الكهربائية تماماً فإن هذا يعنى حدوث ارتخاء فى جهد الاوجه الثلاثة .

عموماً يرجع السبب فى حدوث الارتخاء او الانحدار فى الجهد الى اى من :

أ - حدوث قصر (عطل) على شبكة التغذية

ب- عند بداية تشغيل المحركات

يؤدى حدوث الارتخاء (أو الانحدار) فى الجهد الى اى من :

أ - اختلال عمليات التشغيل .

ب - ايقاف عمليات الحاسب الآلى .

جـ - ايقاف معدات التحكم فى العمليات *(Process)*

ويبين جدول (٢-٢) تصنيف حساسية المعدات للانحدار الحادث فى الجهد .

فى حالة رغبة المستهلك فى زيادة المعدات الحساسة خاصة نظم التشغيل الآلى والاجهزة الطبيه والحاسبات الآلية فيجب ان يؤمن تشغيلها حتى انحدار فى الجهد يصل الى *100%* لفترة زمنية حوالى *300 ms* ، حيث يساعد هذا على تقليل عدد الاضطرابات الحادثة سنوياً لمعدات المستهلك لتصل الى حوالى *20%* بالمقارنة بحالة عدم وجود معدات زيادة العول .

بعض المراجع لم تفرق بين الارتخاء والانحدار فى الجهد وعرفت كل منهما بانه الانخفاض فى الجهد لفترة زمنية تتراوح بين *15* مللى ثانية الى *500* مللى ثانية .

جدول(٢-٢)

المعـــدات	نسبة الانحدار Δv %	اقل فترة زمنية $\Delta t_{min.}$ (ms)
١ - الكترونيات القوى المزودة بنظام للوقاية (مثلاً معدات الجر بمتممات السرعة - Variable speed drives)	15	10
٢ - لمبات التفريغ ذات الضغط العالى المركبة بالشوارع والملاعب	15	60
٣ - مصادر تغذية الحاسبات الآلية وأجهزة التحكم فى العمليات ، فى المنازل ، أجهزة الاتصالات ، والاجهزة الالكترونية الدقيقة الطبية	30	70
٤ - شبكة تعرضت لانخفاض فى الجهد ، غير مرتبطة بمولدات منفصلة صغيرة ، أو مصانع	20	1000

سلوك المحركات التأثيرية خلال ارتخاء وانحدار الجهد :

١ - تأثير انحدارات الجهد

أ - يؤدى الانحدار فى الجهد الى ان يصبح عزم المحرك اقل من عزم الحمل الذى يقود الى تباطئ المحرك ثم توقفه (زرجنته) (Lockout)

ولكن اذا كانت قيمة انحدار الجهد اقل من 30% من القيمة الاسمية فلن يحدث تغيير فى سلوك المحرك ، وذلك للأسباب الآتية

- يقل عزم زرجنة المحرك مع مربع جهد المصدر

- عادة تكون زرجنة المحرك ، عند جهد المصدر ، اكبر من *1.6pu* .

- عموماً تعمـل المحركات عند حمل اقل من الحمل الاسمى ، حيث ان عامـل الحمـل *(Load Factor)* لعدد كبير من المحركات يكون اقل من *60%* .

ب - بعد انقضاء الانحدار فى الجهد يبدأ المحرك فى التسارع *(re-accelerates)* ويصاحب ذلك حدوث تيارات دفعية *(Inrush currents)* .

جـ - اذا كانت قيمة انحدار الجهد اكبر من *30%* فان هذا يؤدى الى حالة تباطئ المحرك ثم توقفه اعتماداً على قيمة وفترة الانحدار بالاضافة الى خصائص الحمل .

٢ - تأثير ارتخاء الجهد

أ - اذا كانت فترة ارتخاء الجهد اقل من ثانية واحدة

عند فصل المصدر عن المحرك فان المغناطيسية المتبقية بالعضو بالدوار يؤدى الى ظهور جهد على اطراف المحرك ، ويعتمد الزمن المطلوب لانخفاض الجهد المتبقى على ثابت الزمن للعضو الدوار . ويؤدى استعادة جهد المصدر فى وجود الجهد المتبقى على اطراف المحرك الى حدوث موجات كهربائية وميكانيكية عابرة *(transient)* والتى يمكن ان تصل الى عشرة اضعاف القيم الاسمية .

ويصاحب ذلك زيادة التيار والعزم والتى تتسبب فى الآتى :

- انهيار عزل المحرك .

- انهيار الملفات (خاصة بالمحركات ذات العضو الملفوف *Wound rotor*).

- انهيارات ميكانيكية للوصلات والتروس والمحاور .

ب - اذا كانت فترة الارتخاء تتروواح بين ثانية واحدة ودقيقة واحدة .

فى هذه الحالة تتوقف المحركات بعد انقطاع جهد المصدر لعدة ثوانى ، فاذا تعدى زمن الارتخاء دقيقة واحدة فان جميع المحركات تتوقف . وقد تحدث بعض ظواهر الحالات العابرة اذا كانت مجموعة من المحركات متصلة على التوازى

ازالة حساسية مبدلات التردد للانحدارات فى الجهد

Desensitisation of Frequency Convertors to Voltage dips

تعتبر مبدلات التردد للالات غير المتزامنة *(Asynchronous machines)* من اكثر المعدات الكهربائية تأثراً بالانحدار فى الجهد ، اذ يؤدى الى ايقافها مما يعطى دلالة واضحة على أهمية جودة التغذية الكهربائية .

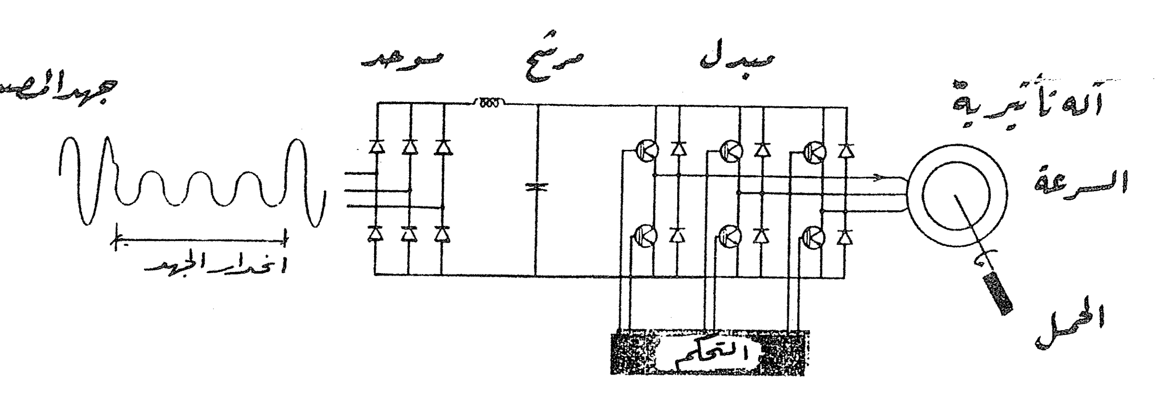
وقد انتشر استخدام المعدات الالكترونية لضبط سرعة المحركات منذ عدة سنوات واثبت كفاءة عالية و لكن تبين حساسية هذه المعدات الشديدة للانحدارات فى الجهد ممأدى الى مشاكل لم تحل بالكامل حتى الآن .

ويوضح شكل (٢-٦) تمثيل لمبدل ترددات يغذى آلة تأثيرية لضبط سرعتها .

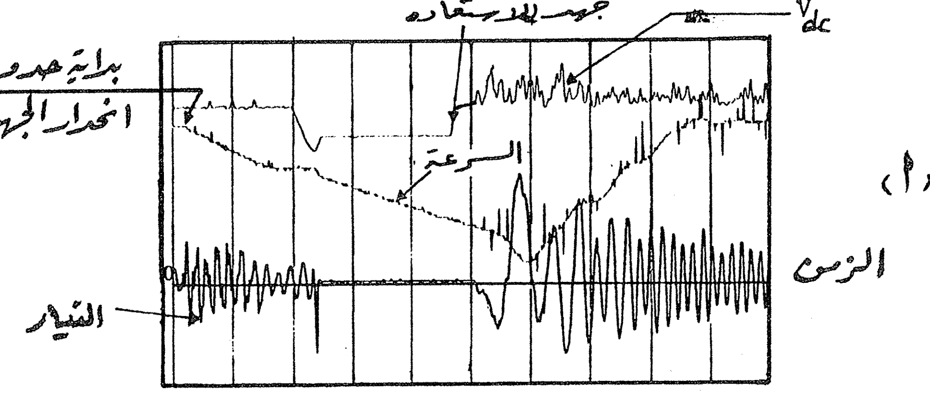
يمكن ازالة حساسية مبدلات التردد للانحدار فى الجهد بتعويض قيمة الانحدارات فى الجهد *(Compensation of voltage dips)* حيث يتم تعويض التقلب فى جهد التيار المستمر *(DC-Link voltage)* اى V_{dc} ليظل عزم الالة ثابتاً وبالتالى الحفاظ على نقطة الاستقرار *(Stable point)* ويوضح شكل (٢-٧) المنحنيات المصاحبة لانحدار يصل الى *50%* من جهد الاوجه الثلاثة ولمدة ثانية واحدة وتمثل الحالة (أ) تنظيم السرعة بدون تعويض اذا يصل الانخفاض بالسرعة الى *95%* بينما تمثل الحالة (ب) تنظيم السرعة باستخدام تعويض انحدارات الجهد حيث يصل الانخفاض بالسرعة الى *20%* فقط .

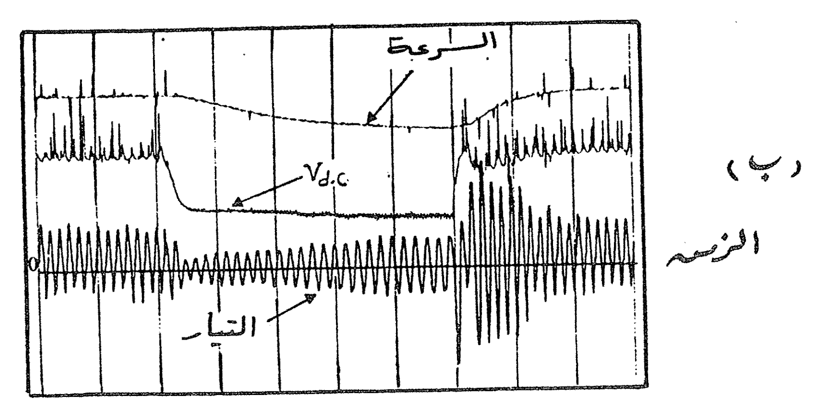
٤ - الشوشرة الكهربائية *(Electrical Noise)*

الشوشرة الكهربائية عبارة عن تداخل ترددات عالية فى الحدود من ٧ كيلوهرتز الى ٥٠ ميجاهرتز ، وتنتقل الشوشرة الكهربائية (اى الترددات العالية) عن طريق الاسلاك الكهربائية او الهوائيات *(antenna)* الخاصة بالتردد السمعى *(radio frequency)* ومعدات التداخل الكهرومغناطيسى مثل الراديو ـ التليفزيون ـ الرادار ـ الميكروويف ـ ماكينة اللحام بالقوس ـ السخانات الكهربائية ـ ماكينات الطباعة ـ المعدات التى تعمل بالمحركات الكهربائية ... وتتسبب الشوشرة الكهربائية فى التشغيل الخاطئ للحاسبات الآلية وتحدث تداخل مع تشغيل معدات الاتصالات .



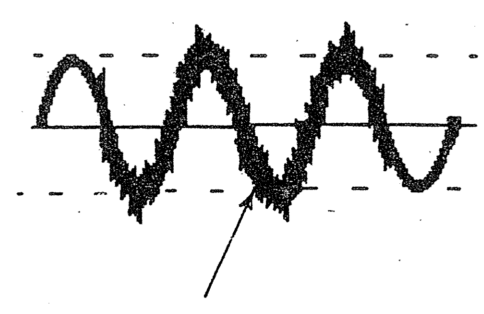
شكل (٢ - ٦) تمثيل لضبط سرعة الآلة التأثيرية من خلال مبدل ترددات والتغذية بموجة تحتوي على انحدار في الجهد





شكل (٢ - ٧) نتائج تسليط مصدر جهد يحتوي على انحدار بقيمة لمدة ثانية واحدة بالآلة في شكل رقم (٢ - ٦) في حالتي: (١) بدون تعويض، (٢) باستخدام التعويض

ويوضح الشكل التالى ، موجة تحتوى على شوشرة



موجة تحتوى على شوشرة

٥ - التوافقيات *Harmonics*

نتيجة للأحمال غير الخطية يحدث للموجة الجيبية تشوه بالتوافقيات كما فى شكل (٢-٨) ، وتعرف التوافقيات بمضاعفات التردد الاساسى ، فمثلاً تردد التوافقية الثانية ١٠٠ او ١٢٠ هرتز (٢×٥٠ هرتز فى حالة التردد الاساسى ٥٠ هرتز بينما ٢ × ٦٠ هرتز فى حالة التردد الاساسى ٦٠ هرتز) ويكون تردد التوافقية الخامسة ٢٥٠ هرتز (٥ × ٥٠ هرتز ....) وهكذا ، ومن أمثلة الاحمال غير الخطية : الاجهزة المحتوية على الكترونيات صناعية ، أجهزة التحكم فى السرعة ، اللمبات الفلورسنت .

وقد حددت المواصفات القياسية قيمة التشوه الكلى للتوافقيات *THD%*

(Total Harmonic Distortion) بحيث لاتتعدى قيمته فى موجة الجهد *5%* ذلك لأن المستويات الاعلى للتشوه تؤدى الى سخونة زائدة فى اسلاك التعادل والمحركات والمحولات .

ويوضح شكل (٢-٩) مثالاً لشبكة كهربائية تحتوى على أحمال غير خطية مثل لمبات الفلورسنت ـ المبدلات ذات ٦ نبضات ـ المحركات ... وقد تم قياس المتغيرات التالية على القضبان B_2 (المغذية لاحمال غير خطية وكذلك متصلة بشبكة تحتوى ايضاً على أحمال غير خطية) :

- التشوه الكلى لتوافقيات موجة الجهد *(THD%)* .

- التوافقيات الفردية بموجة الجهد كما فى جدول رقم (٢-٣)

وتم تسجيل اشكال موجتى الجهد والتيار فى الحالات الاتية

أ - بدون تركيب مكثفات لتحسين معامل القدرة على القضبان B_2 .

ويوضح شكل (٢-١٠) أ احتواء موجتى التيار والجهد على التوافقيات .

ب - تم تركيب مكثفات لتحسين معامل القدرة على القضبان B_2 .

ويوضح شكل (٢-١٠) ب احتواء موجتى التيار والجهد على التوافقيات .

جـ - تم تركيب مرشح توليف *(Tuned Filter)* مكون من *L,C*

ويلاحظ تحسن الموجتين فى شكل (٢-١٠) جـ .

جدول رقم (٢-٣) التوافقيات الفردية للجهد *(Vrms)* والتشوه الكلى للتوافقيات

درجة وقيمة جهد التوافقية (بالفولت)								THD %
1	3	5	7	9	11	13	15	
265.4	3.3	6.9	8.4	2.3	7.3	6.7	1.0	5.74

تعريفات :

١ - التشوه الكلى للتوافقيات *(Total Harmonic Distortion)* فى موجه التيار

$$\% THD = \frac{\text{rms value of Harmonics}}{\text{rms value of fundamental}} \times 100$$

$$\% THD(i) = \sqrt{\left(\frac{I_{2m}}{I_{1m}}\right)^2 + \left(\frac{I_{3m}}{I_{1m}}\right)^2 + \ldots\ldots} \times 100 = \frac{\sqrt{\sum_{h=2} i_h^2}}{i_1} \times 100$$

حيث

I_{1m} = اقصى قيمة لتيار المركبة الاساسية (عند التردد الاساسى)

I_{2m} = اقصى قيمة لتيار التوافقية الثانية .

I_{3m} = اقصى قيمة لتيار التوافقية الثالثة .

I_{nm} = اقصى قيمة لتيار التوافقية h .

وتكون موجة التيار المشوهه

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots\dots\dots$$

$$= I_o + I_{1m} \sin \omega t + I_{2m} \sin 2\omega t + I_{3m} \sin 3\omega t + \dots\dots$$

٢ - التشوه الكلى للتوافقيات فى موجة الجهد

$$\% \, THD\,(v) = \sqrt{\left(\frac{V_{2m}}{V_{1m}}\right)^2 + \left(\frac{V_{3m}}{V_{1m}}\right)^2 + \left(\frac{V_{4m}}{V_{1m}}\right)^2 ..} \times 100 = \frac{\sqrt{\sum_{h=2} V_h^2}}{V_1} \times 100$$

وعادة تقيس أجهزة محللات التوافقيات القيم الآتية :

- اقصى قيمة لتيارات التوافقيات

I_{1m} , I_{2m} , I_{3m}, ...

- التشوه الكلى للتوافقيات فى موجة التيار $THD\,(i)$

- أقصى قيمة لجهود التوافقيات

V_{1m} , V_{2m} , V_{3m}, ...

- التشوه الكلى للتوافقيات فى موجة الجهد $THD\,(v)$

ونلاحظ قيم الجهد بالجدول رقم (٢-٣) بالمثال السابق .

وفيما يلى تلخيص للتأثيرات السالبة الناتجة من التوافقيات على مكونات الشبكات الكهربائية :

١ - انهيار العزل الكهربى لمكثفات تحسين معامل القدرة وبالتالى انهيار المكثفات .

٢ - التداخل مع نظم تنظيم تحميل مكونات الشبكة الكهربائية . وقد تودى الى التشغيل الخاطئ لمعدات الشبكة الكهربائية وخاصة التى تحتوى على نظم تشغيل عن

بعد ونظم التحكم .

٣ - سخونة الآلات المتزامنة والتأثيرية وبالتالى زيادة المفقودات .

٤ - اذا صاحب توافقيات التيار والجهد حدوث رنين بالشبكة فانه يؤدى الى ارتفاع فى الجهد والتيار .

٥ - انهيار العزل الكهربى للكابلات المعزولة نتيجة جهود التوافقيات .

٦ - حدوث تداخل بالتأثير مع نظم الاتصالات .

٧ - خطأ فى قراءة العدادات .

٨ - حدوث اشارات متداخلة وتشغيل خاطئ لمتممات الوقاية من النوع الاستاتيكى وايضاً الانواع التى تحتوى على نظم تحكم بالميكروبروسيسور .

٩ - حدوث اهتزازات ميكانيكية للآلات التأثيرية والمتزامنة .

١٠ - التشغيل غير المستقر لدوائر الاطلاق *(Trigger)* او الاشعال *(Firing)* والتى تعتمد فى تشغيلها على دوائر كاشفات تغيير اشارات موجات التيار والجهد *(Zero Crossing Detector)*

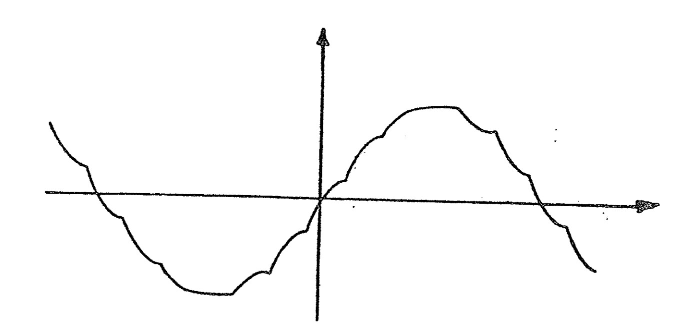
١١ - حدوث سخونة زائدة لمحولات القدرة والتوزيع .

١٢ - تتغير الصورة والاضاءة ، بالتليفزيون اذا اثرت التوافقيات فى القيمة القصوى للجهد .

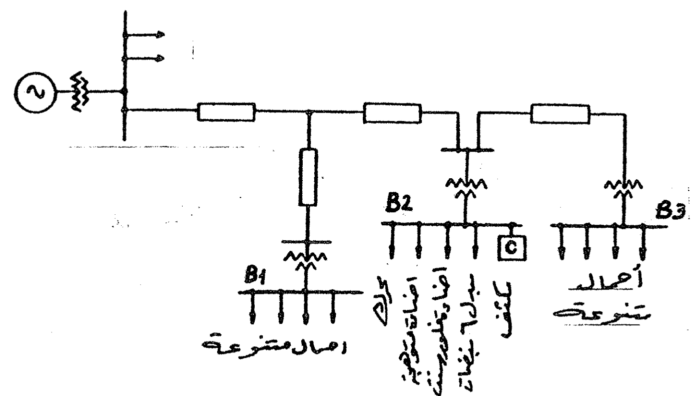
١٣ - التأثير على الحاسبات الآلية .

٦ - تقلب الجهد والارتعاش *Voltage Fluctuation and Flicker*

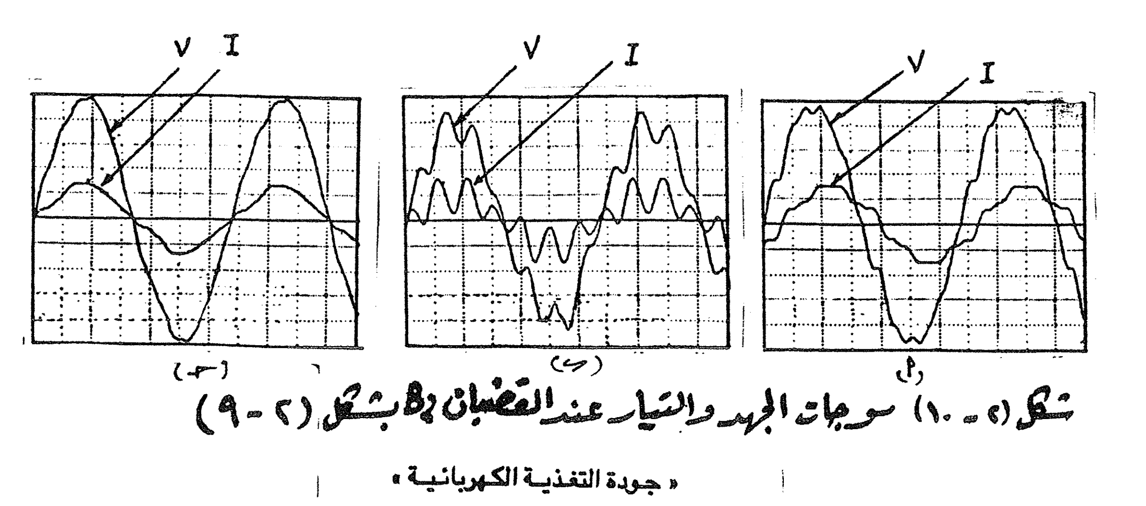
تعطى افران القوس الكهربى *(Electric arc Furnaces)* فكرة واضحة لمعنى ارتعاش الجهد ... يعتمد تشغيل الافران على تكرار حدوث دائرة القصر بين الاقطاب والخردة (المواد الصلبة المراد انصهارها) ويكون القوس الكهربى ملامساً للمادة الصلبة فيمر تيار عالى بين القطبين ومن خلالها ، ويصاحب التيار العالى انخفاض فى الجهد، وتبتعد المادة الصلبة عند انصهارها عن القطب وعندئذ ينطفئ القوس ولايمر تيار ، وعلى ذلك يتغير التيار عشوائياً خلال دورة الانصهار عن طريق حدوث دائرة القصر بين



شكل (٢-٨) موجة مشوهة بالتوافقيات



شكل (٢-٩) شبكة ذات أحمال متنوعة



شكل (٢-١٠) موجات الجهد والتيار عند القضبان B2 بشكل (٢-٩)

وجهين او الثلاثة اوجه او عن طريق فتح دائرة احد الاوجه ، والخلاصة ان جهد المصدر يكون متقلباً خلال دورة الانصهار ومسبباً ارتعاش للمصابيح المتوهجة *(Incandescent Lamps)* المغذاه من نفس المصدر مع الافران ، كذلك فان العين تتأثر جداً بهذا الارتعاش .

عموماً فقد عرفت المواصفات القياسية العالمية *IEC 555-3 1982* تقلب الجهد والارتعاش كالآتى :

- **تقلب الجهد** *(Voltage fluctuation)*

هو سلسلة من الجهد المتغير او التغير الدورى فى غلاف الجهد *(Voltage envelope)* كما فى شكل (٢-١١)

- **تقلب الجهد جيبي الموجة** *(Sinusoidal voltage fluctuation)*

هو تقلب الجهد الذى له موجة تقلب جيبية الشكل كما فى شكل (٢-١١) .

- **قيمة تقلب الجهد** *(Magnitude of voltage fluctuation)*

هو الاختلاف بين اقصى وأدنى قيمة للجهد خلال تقلب موجة الجهد كما فى شكل (٢-١١)

- **الارتعاش** *(Flicker)*

انطباع لتقلب الاضاءة

(لايجب استخدام لفظ *(Flicker)* كتوصيف لظاهرة *(Voltage fluctuation)*)

أنواع موجات الجهد المتقلب :

١ - موجة مربعة دورية متغيرة ذات قيم متساوية وتنتج هذه الموجة على اطراف احمال مقاومية أحادية *(Single resistive loads)* ، كما فى شكل (٢-١٢)أ .

٢ - موجة مربعة غير منتظمة مع الزمن ، يمكن ان تكون متساوية القيمة او لاتكون وتنتج هذه الموجة على اطراف عدة احمال مركبة ، كما فى شكل (٢-١٢) ب.

٣ - موجة مركبة غير متماثلة وتنتج عند اطراف احمال غير مقاومية ، كما فى شكل (٢-١٢)جـ.

٤ - موجات تقلبية مستمرة او عشوائية تنتج احمال متغيرة عشوائية او دورية ، كما فى شكل (٢-١٢) ء .

مصادر تقلب الجهد

تكون الاحمال الآتية هى مصادر التقلب فى الجهد :

المضخات - المصاعد الضواغط - مجموعات المراوح - محركات مصانع الدلفنة - السخانات الكهربائية - ماكينات اللحام الموضعى - اللحام بالقوس - افران القوس - مبدلات الطاقة الشمسية والطاقة الناتجة من الرياح .

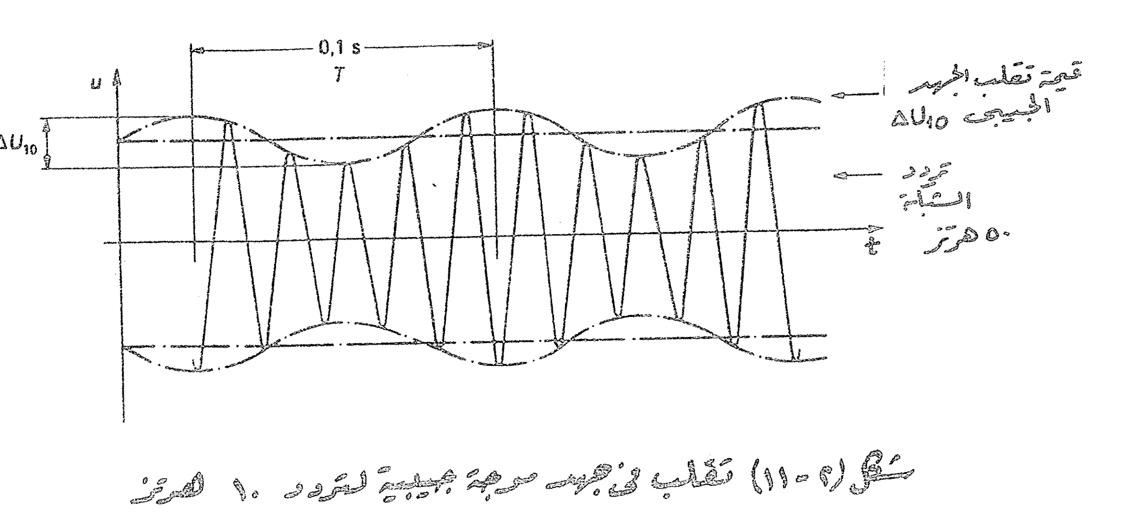
مثلاً فى افران القوس الكهربى نتيجة حركة القوس بين القطبين ، يتقلب التيار بسرعة عند ترددات مختلفة بين قيمة اقل من *0.1 HZ* وحتى قيمة تتعدى *10HZ* هذا يؤدى الى حدوث تقلب غير منتظم فى جهد المصدر . ويوضح شكل (٢-١٣) ب موجة الجهد الجيبية مركب عليها موجة تقلب فى الجهد نتيجة اشتعال الفرن ، بينما يوضح شكل (٢-١٣)جـ تكبير لموجة تقلب الجهد حول محور المركبة الاساسية للجهد .

عموماً يعتبر الارتعاش كظاهرة تهيج تحدث غالباً للإضاءة الكهربائية ولعين الانسان وتنتج من حدوث تقلب فى جهد الشبكة عند ترددات تتراوح بين صفر الى ٣٠ هرتز ، ويحدث التقلب فى الجهد كنتيجة لتقلب الحمل غير الفعال عند هذا التردد ، والذى يكون كبيراً جداً نتيجة التغير غير المتحكم وغير المنتظم فى قوس افران القوس الكهربى وخاصة خلال دورة الانصهار ، ويبين شكل (٢-١٤) دورة احمال افران القوس الكهربى والتى تبين الارتعاش الواضح فى موجة الحمل ، وتوجد طرق متعددة لحل مشاكل الافران الكهربائية منها الطرق الموضحة بشكل (٢-١٥) سواء بعزل تغذية الفرن عن تغذية الاحمال الاخرى او باضافة نظام تعويض الطاقة الغير فعال .

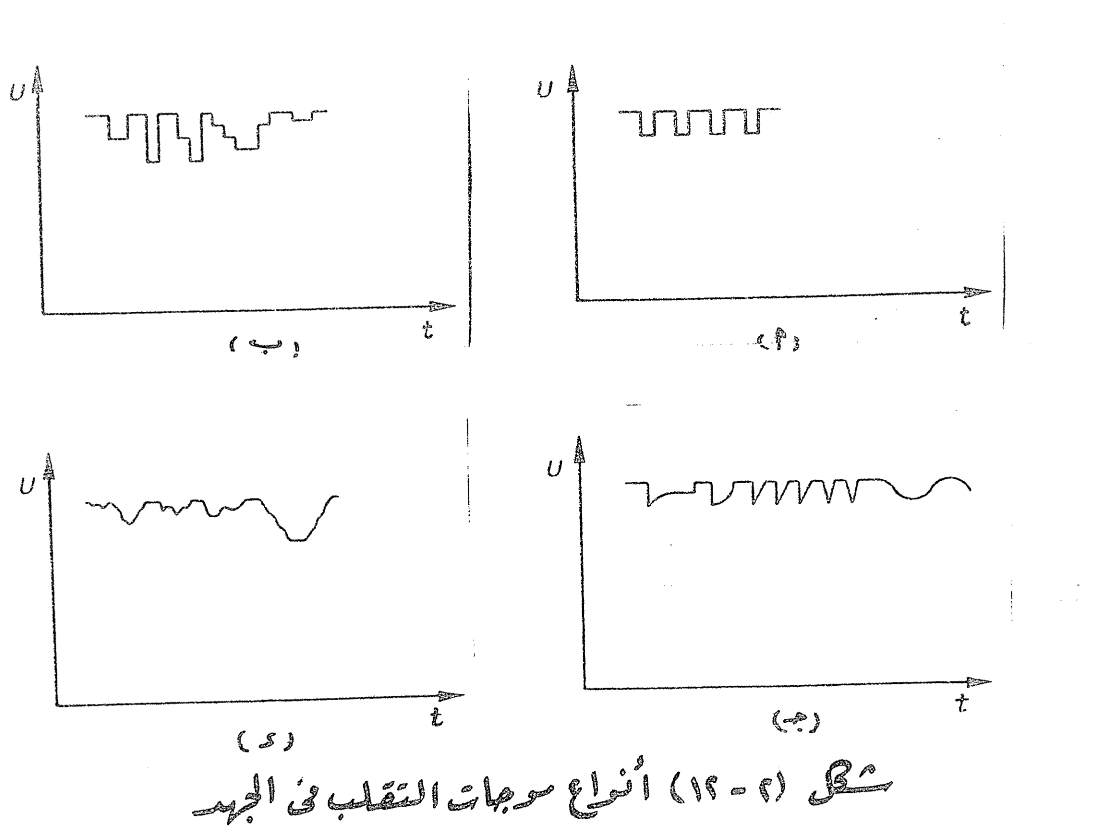
كما توجد طرق عالمية متعددة لقياس وتقدير الارتعاش ، فمثلاً حددت لجنة الاتحاد الدولى للتسخين الكهربى *(International Union of Electroheat) (IUE-1988)* قيمة الارتعاش فى حالة اضافة تعويض او عدم اضافة تعويض للمصدر ، يبين شكل (٢-١٦) تقدير الارتعاش تبعاً لـ *(IUE)* الناتج من تقلب جهد فرن القوس فى حالتى اضافة وعدم اضافة تعويض للنظام . ومن الشكل نجد ان :

١- المنحنى رقم ١

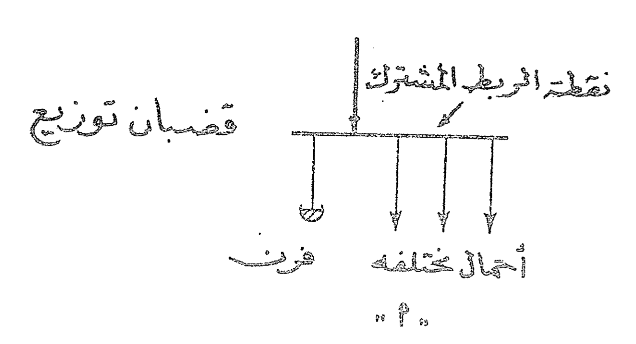
يمثل تقلب الجهد النسبى *(Relative voltage fluctuation)* بدون اضافة تعويض



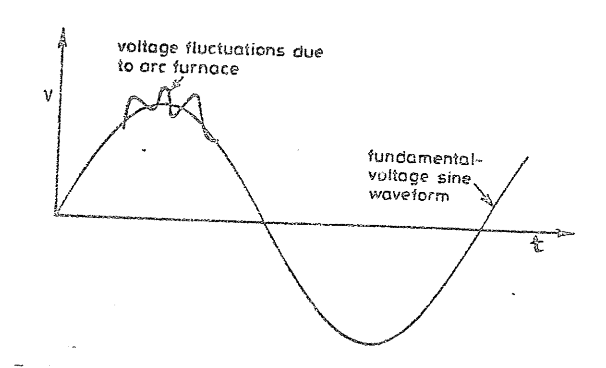
شكل (٢-١١) تقلب فى جهد موجة جيبية لتردد ١٠ هرتز



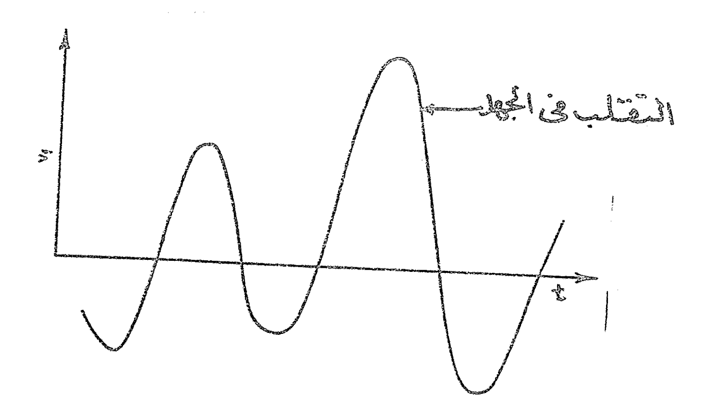
شكل (٢-١٢) أنواع موجات التقلب فى الجهد



"أ"



"ب" التقلب فى الجهد نتيجة استغلال الفرن



"جـ" التقلب فى الجهد حول الجهد الأساسى

شكل (٢ - ١٣) التقلب فى الجهد

للشبكة ويخضع للمعادلة الآتية :

$$\text{تقلب الجهد} = A = \frac{\Delta V}{V_N}(f)$$

٢ - المنحنى رقم ٢

يمثل تقلب الجهد النسبى بعد اضافة نظام تعويض للشبكة ، ويخضع للمعادلة الآتية

$$\text{تقلب الجهد النسبى} = A' = A(f)\,.\,\alpha\,(f)$$

٣ - المنحنى رقم ٣

يمثل تاثير الارتعاش *(Flicker effect)* بدون اضافة تعويض للشبكة ويخضع للمعادلة الآتية :

$$\text{تاثير الارتعاش} = D = A^2(f)\,.\,G^2(f)$$

٤ - المنحنى رقم ٤ :

يمثل تاثير الارتعاش فى حالة اضافة نظام تعويض ، ويخضع للمعادلة الآتية

$$\text{تاثير الارتعاش} = D' = D\,.\,\alpha^2(f)$$

$$= A^2(f)\,.\,G^2(f)\,.\,\alpha^2(f)$$

حيث :

α = عامل ابطال *(Suppression factor)* عند التردد f .

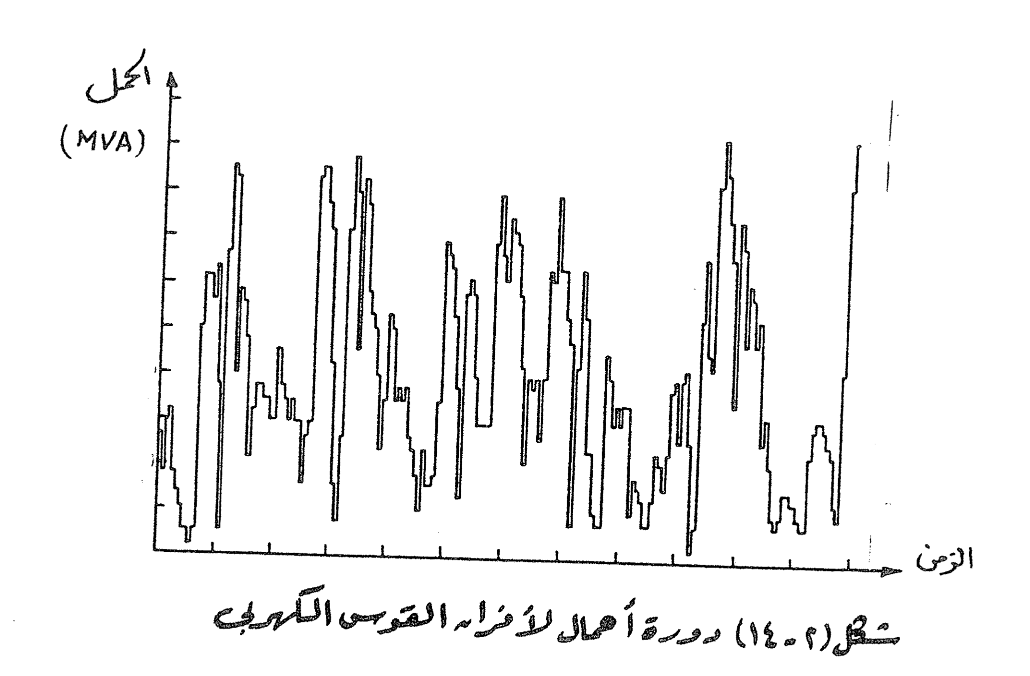
f = ترددات الطيف الترددى *(Frequency spectrum)* لتغير جهدالشبكة .

$G(f)$ = منحنى الحساسية *(Sensitivity curve)* للارتعاش .

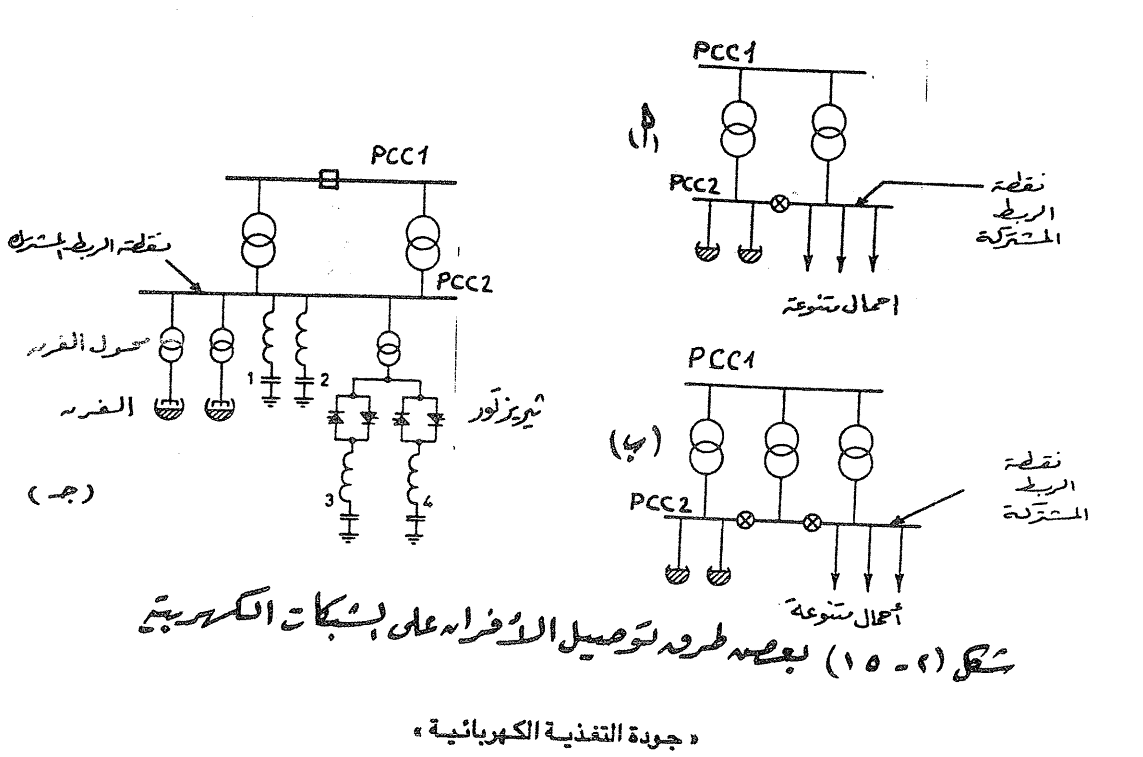
من شكل (٢-١٦) نجد ان :

أ - المنحنيين ١ ، ٢ تمثل القيمة الفعالة للتقلب فى الجهد .

ب - نسبة المساحة السطحية للمنحنيين ١ ، ٢ تمثل او تقيس التحسين الخطى *(Linear)* فى تقلبات الجهد نتيجة التعويض .



شكل (٢-١٤) دورة أحمال لأفران القوس الكهربي



شكل (٢-١٥) بعض طرق توصيل الأفران على الشبكات الكهربية

جـ - النسبة بين المساحة السطحية للمنحنى ٣ الى المساحة السطحية للمنحنى ٤ تمثل الانخفاض فى الارتعاش نتيجة للتعويض (من شكل (٢-١٦) فأن هذه النسبة تساوى $\frac{1}{7.8}$ ، بمعنى آخر ان التعويض المستخدم يحدث ابطال او اخمـــاد للارتعـــاش بالعامل $\frac{1}{7.8}$)

من الطرق الاخرى لتقدير الارتعاش ، الطريقة المتبعة بواسطة جمعية الابحاث الكهربائية *(Electrical Research Association)* والتى يرمز لها بالرموز *(ERA)* والمنشورة فى المملكة المتحدة *(United kingdom)* ، وفى هذه الطريقة يتم قياس V_f تبعاً للمعادلة الآتية :

$$V_f = \int_0^{1\,\text{min}} \frac{\Delta V}{V_N}\, dt \ \ [\%]$$

اى يقاس تكامل التقلب فى الجهد النسبى خلال دقيقة لتردد فى حدود من *1.5* الى *30* هرتز لدورة يمكن ان تستمر عدة ايام ، ويوضح شكل (٢-١٧) قياس V_f لمدة ساعتين.

تبعاً لتوصيات *ERA* فان الارتعاش يكون مقبولاً عندما لايزيد عن *1%* لجميع قيم القياسات اعلى من حد الادراك $V_{tg} = 0.25\ \%$.

كذلك يمكن حساب الارتعاش كالآتى :

من قيم مستوى القصر للشبكة وللفرن يمكن التحقق من العلاقة الآتية :

$$V_f . K_s \le 0.25\ \%$$

عندما تكون $V_N \le 132\ KV$

حيث *Ks*=عامل الخطورة *(Severity factor)* وتتراوح بين القيمتين *0.09 - 0.15*

تكون بيانات فرن القوس الكهربى المستخدم للحصول على المنحنى بشكل (٢-١٧) هى :

مقنن مستوى القصر للشبكة : $S_K = 990\ MVA$

سعة الفرن : $S_o = 39\ MVA$

مقنن مستوى القصر للفرن : $S_{ok} = \sqrt{2}\,(S_o) = 55\ \ MVA$

عند معامل قدرة = 0.7

نحسب أولاً :

$$V_f = \frac{S_{ok}}{S_k} = \frac{55}{990}$$

باختيار $K_s = 0.09$

$$V_f \cdot K_s = \frac{55}{990} x\, 0.09 = 0.005 = 0.5\ \% > 0.25\ \%$$

اى ان قيمة الارتعاش غير مقبولة

كذلك يمكن القول بأنه للحفاظ على قيمة مقبولة للارتعاش فانه يجب ان يتحقق الشرط

$$\frac{S_k}{S_o} \geq 70$$

وطبقاً لتوصيات IUE فان الشرط يكون

$$\frac{S_k}{S_o} \geq 80$$

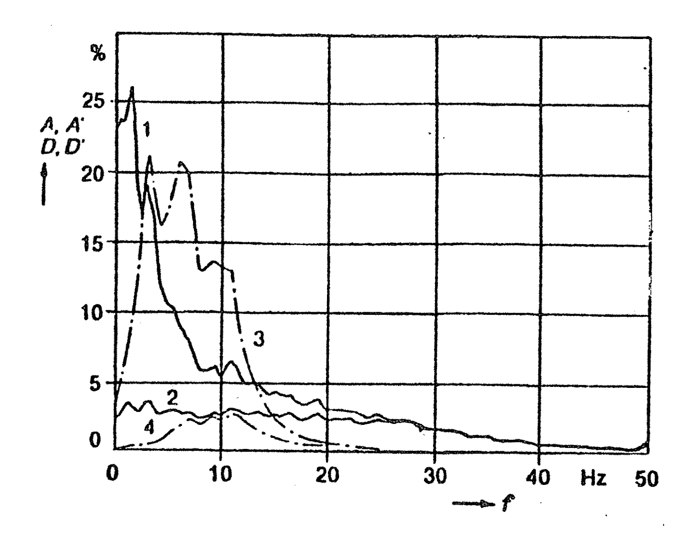
وعند استخدام نظام تعويض للشبكة فان قيمة $\frac{S_k}{S_o}$ يقل الى حوالى من 25 الى 30 .

ويبين شكل (٢-١٨) أ منحنى تقلب الجهد لفرن القوس الكهربى- بدون استخدام نظام تعويض ، بينما يبين شكل (٢-١٨) ب المنحنى بعد عملية التعويض .

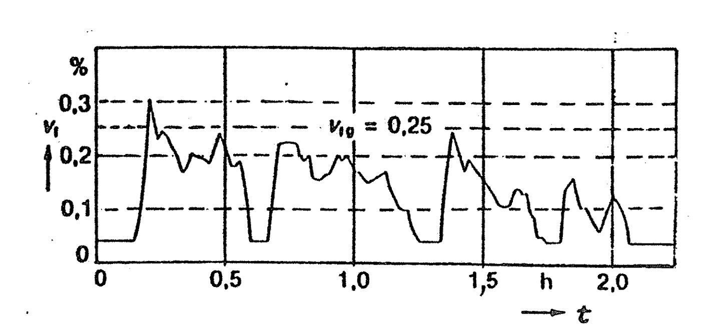
يختلف تأثير ارتعاش الجهد تبعاً لعدد مرات حدوث تقلب الجهد خلال فترة زمنية ، فمثلاً وجد ان حدوث تقلب الجهد مرة واحدة خلال ساعة يمثل ارتعاش 5% ويكون مقبولاً ، بينما اذا حدث عدد قليل من تقلب الجهد فى الثانية فانه يمثل ارتعاش بنسبة 1% ويكون غير مقبولاً .

ويوضح شكل (٢-١٩) العلاقة بين نسبة الارتعاش (*Flicker %*) وعدد التقلب الحادث فى الساعة او الدقيقة ، ويمثل المنحنى رقم *1* حد الاثارة (*Irritating*) ويمثل المنحنى رقم ٣ حد الادراك (*Visible*) ، بينما يمثل المنحنى رقم ٢ متوسط الارتعاش نتيجة عمل مسح لعدد ٨٥ موضع .

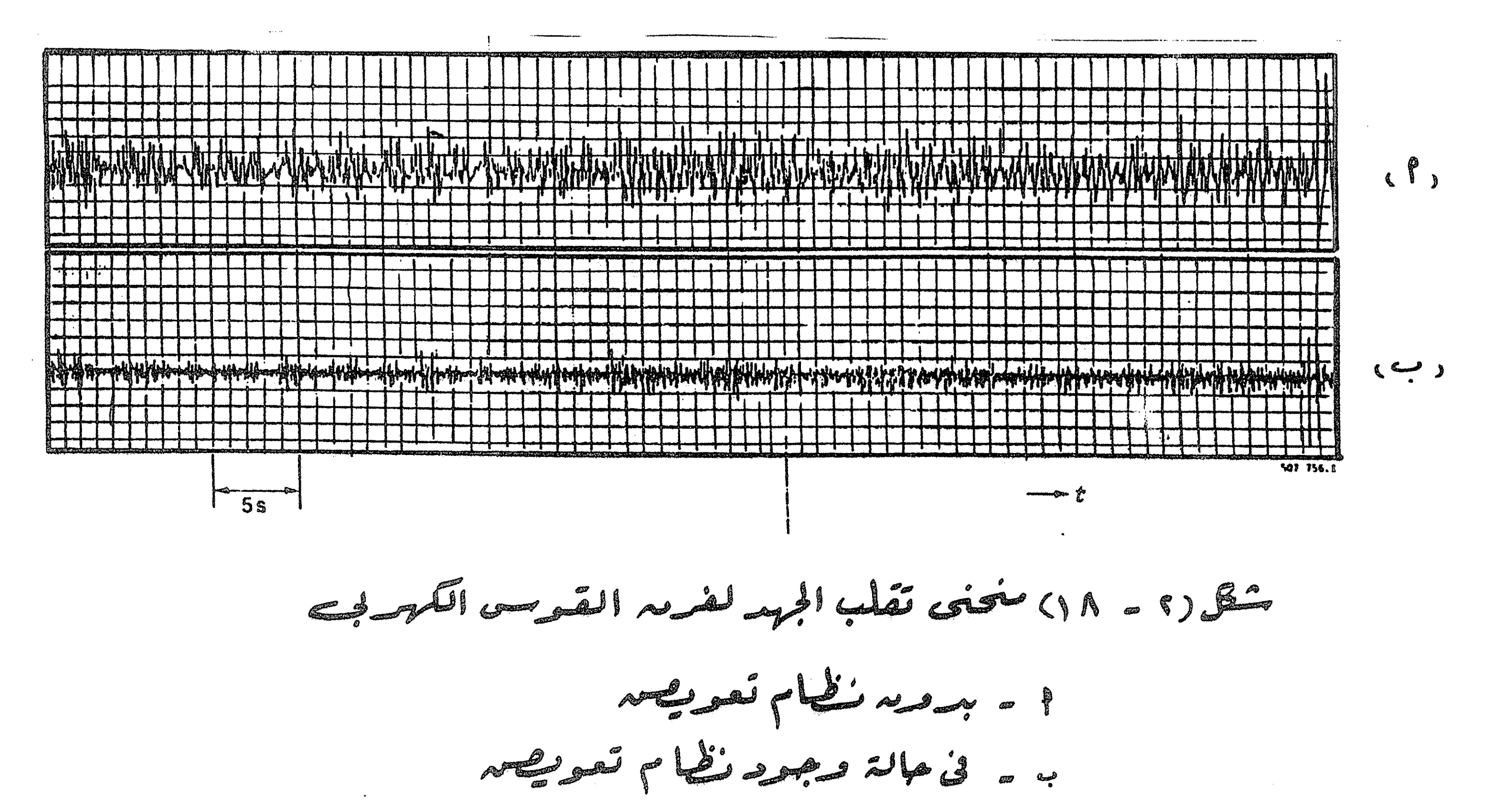
ويمكن حساب نسبة الارتعاش فى الجهد من العلاقة الآتية :



شكل (٢ - ١٦) تقدير الارتعاش تبعاً للـ (IUE)



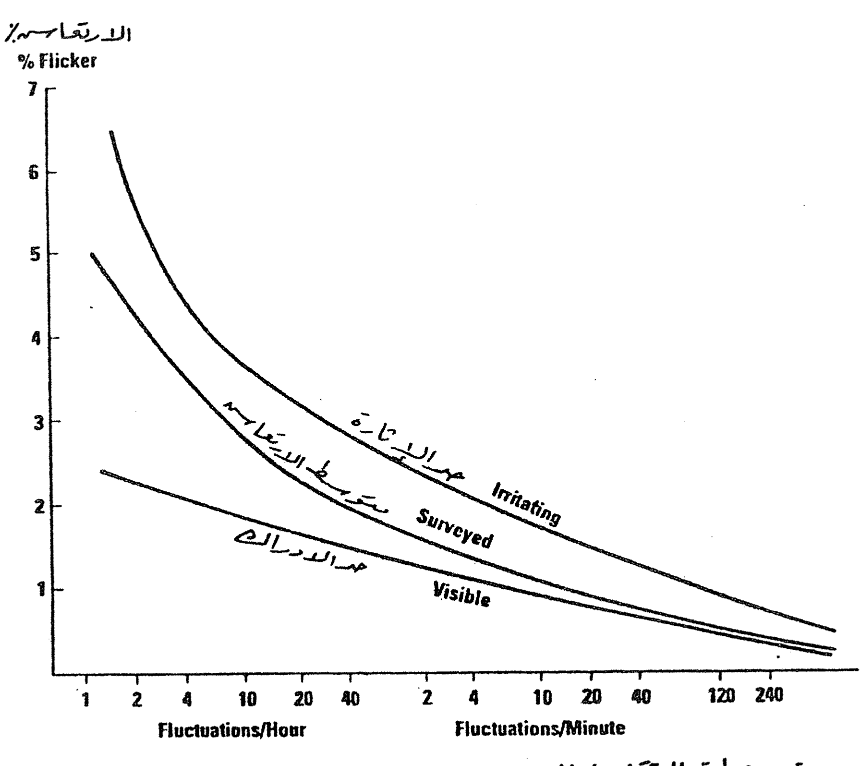
شكل (٢ - ١٧) قياس V_f لمدة ساعتين



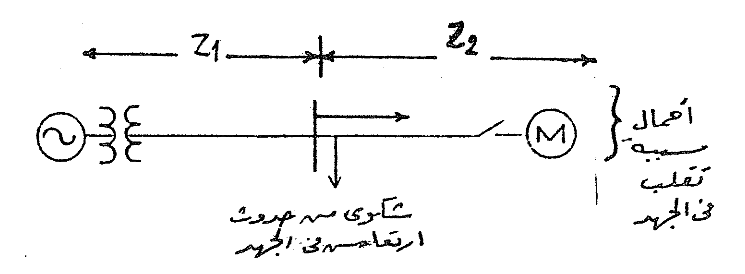
شكل (٢ - ١٨) منحنى تقلب الجهد لفرن القوس الكهربي

أ - بدون نظام تعويض

ب - في حالة وجود نظام تعويض



شكل (٢-١٩) العلاقة بين نسبة الارتعاش وعدد مرات التقلب/الزمن



شكل (٢-٢٠) تمثيل لجزء من شبكة تحتوى على ارتعاش في الجهد

$$\% \text{ Voltage Flicker } = \left\{ 1 - \left| \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \right| \right\} x\ 100$$

حيث Z_1 = معاوقة المصدر

Z_2 = معاوقة الحمل

ويوضح شكل (٢-٢٠) تمثيل لجزء من شبكـــة وموضـــع حـــدوث الارتعاش بها وتمثيل Z_1 , Z_2 .

تعريفات :

١ - قيمة جذر متوسط مربعات الجهد

$$V = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)\, dt}$$

٢ - قيمة جذر متوسط مربعات التيار

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)\, dt}$$

٣ - القدرة

$$P = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v(t)\, i(t)\, dt}$$

$$\cos\phi = \frac{P}{V.I}$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v(t)\, i(t+90^\circ)\, dt}$$

$$\text{or } Q = \sqrt{V^2 I^2 - P^2} = V.I.\sin\Phi$$

القدرة لنظام ثلاثى الاوجه (باستخدام عدادين واتميتر)

$$P = V_{rt}\,.\,I_r\,.\cos(I_r, V_{rt}) + V_{st}\,.\,I_s \cos(I_s, V_{st})$$

٤ - عدم اتزان الجهد (فى حالة التوصيلة نجمة) للأوجه r,s,t .

$$unbalance = \frac{Vr - \left(\frac{V_r+V_s+V_t}{3} \right)}{\frac{V_r+V_s+V_t}{3}} \; x\,100 = \left(\frac{3\,V_r}{V_r+V_s+V_t} - 1 \right) x\,100$$

٥ - عدم اتزان الجهد (فى حالة التوصيلة دلتا)

$$unbalance = \frac{V_{rs}^2+V_{st}^2+V_{tr}^2 - \sqrt{3(V_{rs}^2+V_{st}^2+V_{tr}^2)^2 - 6(V_{rs}^4+V_{st}^4+V_{tr}^4)}}{\sqrt{6(V_{rs}^4+V_{st}^4+V_{tr}^4) - 2(V_{rs}^2+V_{st}^2+V_{tr}^2)^2}} x100$$

٦ - الارتعاش : يقاس الارتعاش خلال فترة زمنية طويلة بدلالة الارتعاش خلال فترة قصيرة

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} P^3_{sti}}$$

حيث :

P_{sti} = الارتعاش خلال فترة زمنية قصيرة (١٠ دقائق)

P_{lt} = الارتعاش خلال فترة زمنية طويلة (ساعتين)

اى ان خلال يوم نحصل على ١٤٤ قيمة للـ P_{st} . و ١٢ قيمة P_{lt} .

وتكون قيمة N تساوى ١٢ .

الباب الثالث

مصادر الاضطرابات

Sources of Disturbances

تتأثرجودة التغذية الكهربائية وبالتالى المعدات والاجهزة الالكترونية الحساسة بالاضطرابات الحادثة فى نظم التغذية ، وتنقسم مصادر الاضطرابات الى :

١ - اضطرابات ناتجة من نظم التغذية التابعة لهيئة الكهرباء *(Utility)*

٢ - اضطرابات ناتجة من شبكة ومعدات المستهلك .

وفيما يلى توضيح لكل منهما :

٣-١ الاضطرابات الناتجة من نظم التغذية

تنتج الاضطرابات من حدوث حالات القصر *(short circuit)* او الاعطال على شبكة توزيع الكهرباء وتؤثر على موجة جهد المصدر . وتتناسب شدة تأثيرها مع بعد مكان العطل او القصر عن مصادر نظم التغذية . تكون جميع مكونات الشبكات الكهربائية مجهزة بمتممات وقاية مختلفة ومتعددة لعزل جميع انواع الاعطال التى يمكن حدوثها على الشبكة ، بالاضافة الى احتواها على معدات اعادة التوصيل اليأ اذا كان العطل لحظياً ، واعتماداً على نظام الوقاية المستخدم فى الشبكة فقد يمكن عزل العطل خلال زمن يتراوح من ثانيتين الى دقيقة واحدة ، أو يتسبب العطل فى انقطاع التيار .

تحدث الاعطال نتيجة احد الحالات الآتية :

أ- التقلبات الجوية الشديدة مثل الرياح والثلوج والصواعق .

ب - التوصيلات الخاطئة (مثلاً انعكاس القطبية فى محولات التيار ....)

جـ - ملامسة الحشرات الزاحفة للاجزاء الموصلة للكهرباء .

ء - تصادم مع خطوط الكهرباء او الابراج .

هـ - التخريب المتعمد للمتلكات العامة مثل محطات ومهمات الكهرباء .

و - انهيار الاجهزة والمعدات نتيجة انتهاء عمرها الافتراض او نتيجة العجز عن اشتغالها او اداءها بالطريقة السليمة .

٣-٢ الاضطرابات الناتجة من توصيلات ومعدات المستهلك

تكون التوصيلات عند المشتركين مصدرا للا ضطرابات فى الحالات الاتية :

- اذا كان حجم موصل التعادل غير مناسب (اقل من المفروض)
- التربيطات غير الجيدة .
- الخصائص الفنية غير السليمة لمعدات الفصل (قواطع التيار)
- الارضى غير المناسب .
- عدم اتزان احمال الاوجه الثلاثة .
- أحجام موصلات الاوجه غير مناسبة (اذا كانت اقل من المفروض فان ذلك يؤدى الى حدوث هبوط فى الجهد *(Voltage drop)* عند بداية تشغيل المحركات)
- الخصائص غير الخطية *(Non Linear)* للاجهزة والمعدات الكهربائية مثل الموحدات ـ المبدلات ـ الثيريزتورات ....

وعموماً فان اية معدة او جهاز لايسحب تيار خطى لتشغيله يكون مصدراً لمشاكل واضطرابات موجه التغذية .

ويبين جدول رقم (٣-١) بعض انواع الاجهزة المسببةللاضطرابات فى مصادر التغذية الكهربائية لطبيعة احمال مختلفة : سكنى ـ مكاتب ـ ورش ـ محلات ... وعموماً تعتمد انواع الاجهزة الموجودة فى كل غرض على عوامل متعددة ويمكن ان تختلف من سكن او مكتب اوورشة الى اخرى .

يبين شكل (٣-١) احمال مبنى سكنى كبير يحتوى على اعداد كبيرة وانواع متعددة من الاجهزة والمعدات الكهربائية المسببة اضطرابات فى الشبكات الكهربائية مثل : سخانات ، ثلاجات ، اضاءة بالفلورسنت ، مصاعد ، أجهزة كهربائية منزلية (خلاطات ، مكانس ....) ، أجهزة تكييف الهواء ....

ويبين شكل (٣-٢) احمال سوبر ماركت كبير ، يحتوى السوبر ماركت على مصاعد وثلاجات واضاءة بالفلورسنت ، أجهزة تكييف الهواء ، آلات حاسبة كهربائية ، أجهزة التخلص من الفضلات .

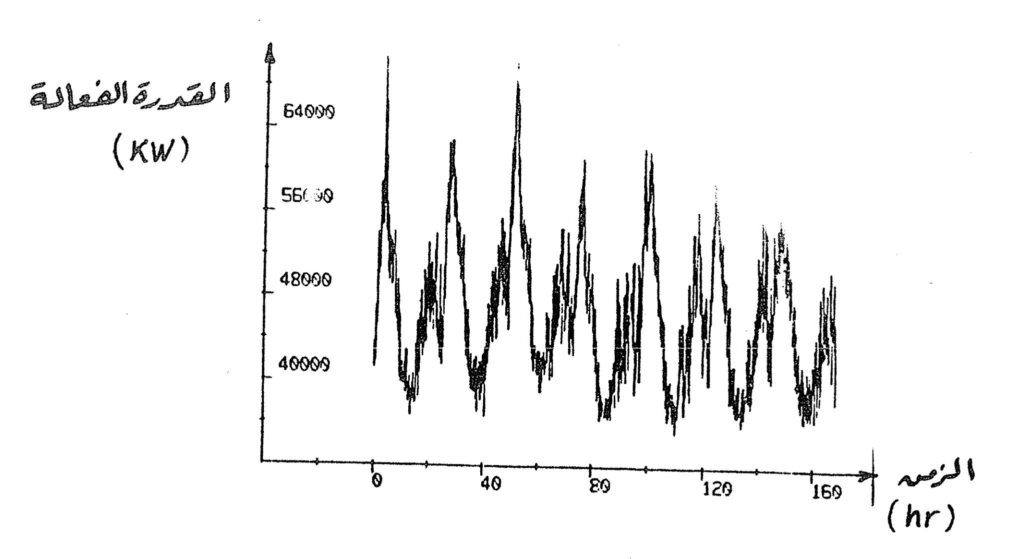
جدول (٣-١) امثلة لاحمال غير خطية

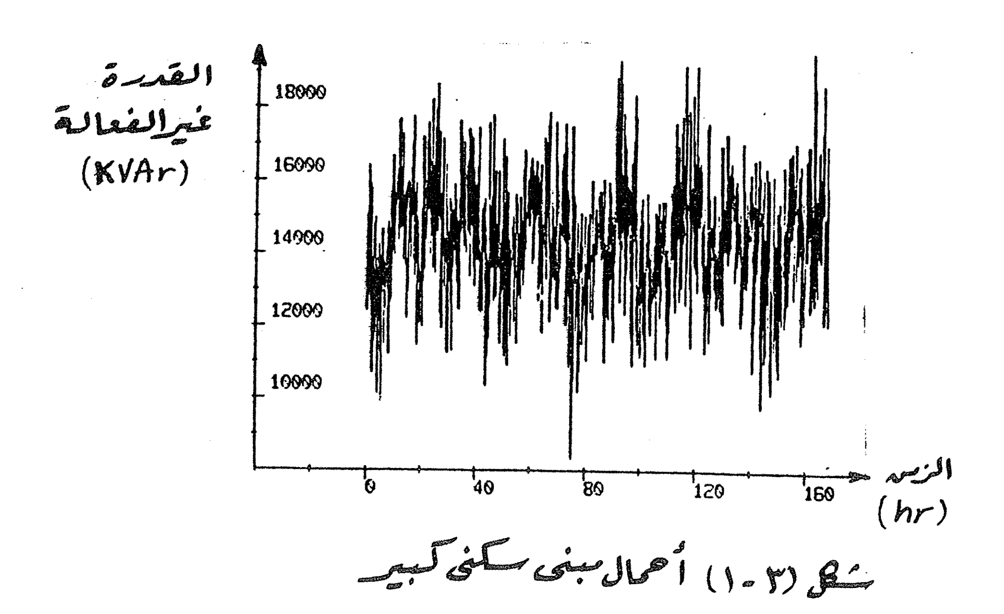
اسم المعدة	احمال سكنية	احمال المكاتب المحاسبية	احمال ورش	احمال محلات كبيرة للبيع متعدد الاغراض
آلات التصوير		✓		
المحركات الكهربائية الصغيرة	✓	✓	✓	✓
المصاعد	✓	✓		✓
ماكينات اللحام بالكهرباء			✓	
آلات كاتبة تعمل بالكهرباء		✓		✓
آلات الجر بمنظمات السرعة (للمعدات المختلفة)		✓	✓	✓
المكانس الكهربائية	✓	✓		✓
خلاط كهربى	✓	✓		✓*
سخانات ميكروويف	✓			✓*
الثلاجات	✓	✓		✓
مبراة القلم الرصاص بالكهرباء		✓		
ممحاة بالكهرباء		✓		
الافران الكهربائية	✓			
اجهزة تكييف الهواء	✓	✓	✓	✓
مخفضات شدة الاضاءة	✓	✓		✓
اجهزة التخلص من الفضلات بالكهرباء		✓		✓
البطاطين الكهربائية	✓			
سخانات المياه	✓	✓		✓*
الالات الحاسبة الكهربائية		✓		✓
الحاسب الآلى	✓	✓		✓
آلات البيع باسقاط عملة نقدية فى ثقب			✓	✓
التليفزيونات	✓	✓		✓

* اذا كان ملحقاً بالمبنى كافتيريا

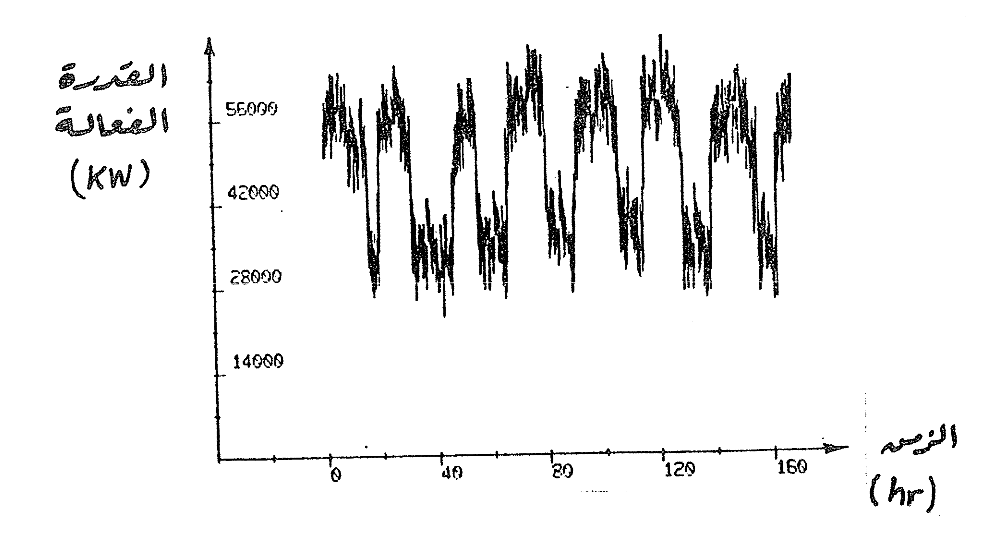
وكذلك يبين شكل (٣-٣) احمال ورشة تشكيل معادن بالماكينات او بالكبس وتعمل بنظام وردية واحدة فقط .

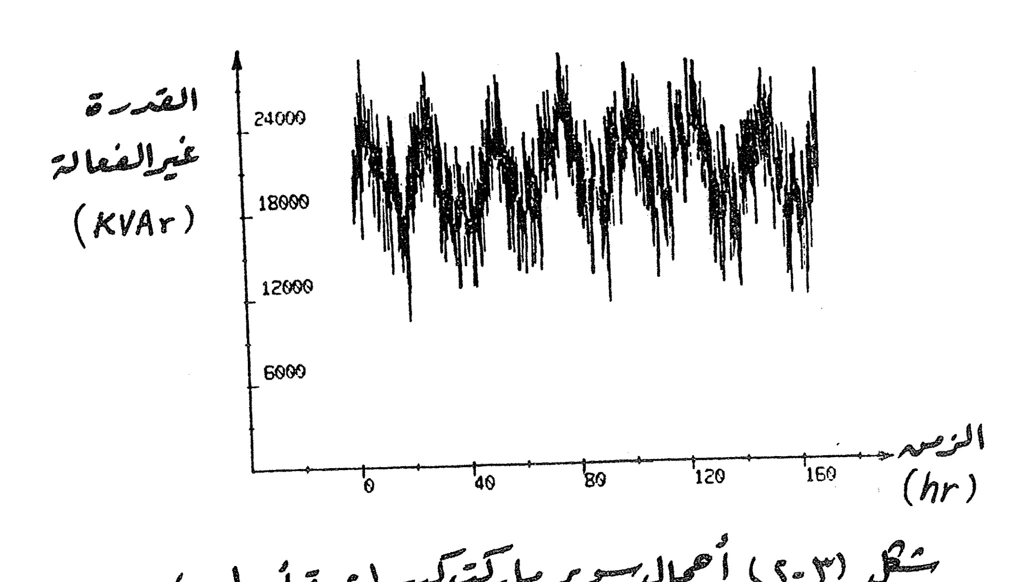
عموماً يلاحظ فى الامثلة السابقة مدى اضطرابات الاحمال والتى توثر تاثيراً سيئاً على موجه مصدر التغذية .



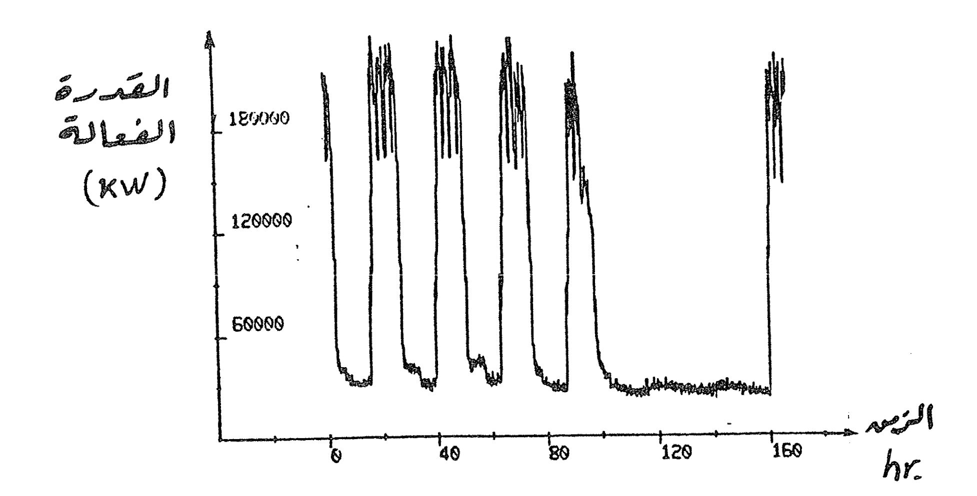


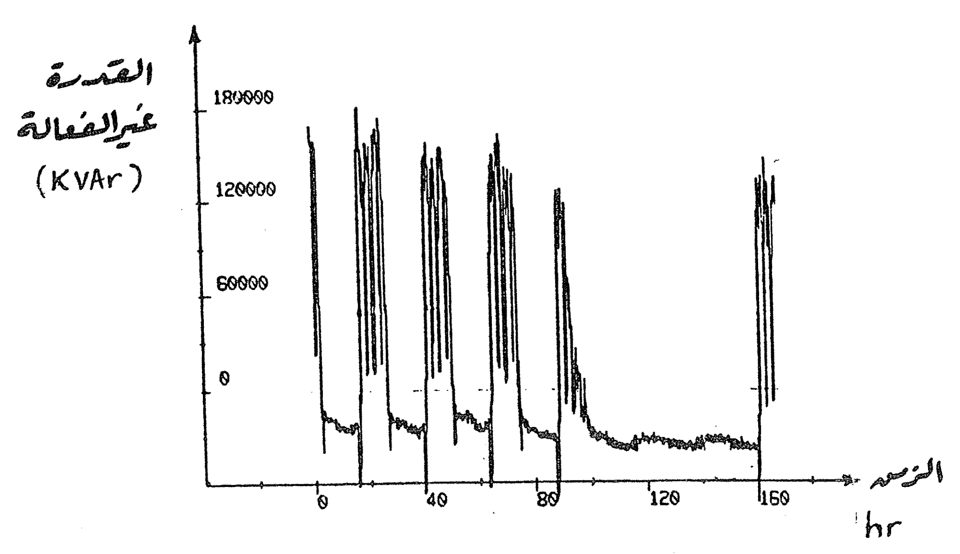
شكل (٣-١) أحمال مبنى سكني كبير





شكل (٣-٢) أحمال سوبر ماركت كبير (عدة أدوار)





شكل (٣-٣) أحمال ورشة تشكيل معادن بالماكينات أو بالكبس

الباب الرابع
القيم القياسية العالمية
لمستويات الاضطرابات فى الشبكات

يجب ان يحصل كل مستهلك للطاقة الكهربائية على جهد نقى وثابت ، بقدر الامكان ، يناظر الجهد المصمم على أساسه الاجهزة والمعدات الكهربائية لدى المشترك والمسجل على لوحة البيان - ولكن من المستحيل عملياً الحصول على قيمة ثابتة وموجه نقية للجهد عند كل مستهلك - لذا يسمح بحدود مقبولة لمستويات الاضطرابات الحادثة فى الشبكات الكهربائية عند الجهود المختلفة .

سنتعرض فى هذا الباب لقيم مستويات الاضطرابات المختلفة مثل :

التغيير فى قيمة الجهد - الانحدارات- الانقطاعات - عدم اتزان الجهد - التوافقيات - الارتعاش .... تبعاً للمواصفات القياسية العالمية الآتية :

- IEC 1000 .
- IEC 555 .
- EN 50 - 160 .
- IEEE 519 .

سنتعرض اولاً لتعريف البيئة الكهرومغناطيسية .

البيئة الكهرومغناطيسية :

صنفت المواصفات القياسية العالمية *(IEC 1000-2-4)* البيئة الكهرومغناطيسية*(Electromagnetic Environment)* الى :

- القسم ١ : *(Class 1)*

وهو الخاص بمصادر التغذية المحمية *(Protected supplies)* ويكون لها مستويات تناسق *(Compatibility)* اقل من مستويات تناسق الشبكة العامة . ومرتبط باستخدام المعدات ذات الحساسية العالية للاضطرابات فى مصدر التغذية ، مثلاً الاجهزة الفنية للمعامل وبعض معدات الوقاية والحاسبات الآلية ...

- القسم ٢ : *(Class 2)*

هذا القسم خاص باحمال نقط الربط المشترك *(PCCs)* ونقط الربط الداخلية *(IPCs)* فى البيئة الصناعية . وتكون مستويات التناسق لهذا القسم مثل المستخدمة فى الشبكات العامة ، وعلى ذلك تخضع المكونات او العناصر المصممة للتطبيقات فى الشبكات العامة لهذا القسم (انظر التعريفات فى ملحق ٢) .

- القسم ٣ : *(Class 3)*

هذا القسم خاص فقط بنقط الربط الداخلية *(IPCs)* للبيئة الصناعية ويكون مستوى التناسق لهذا القسم اعلى منه فى القسم ٢ عند نفس ظواهر الاضطراب

مثلاً ، يستخدم هذا القسم عند وجود اى من الحالات الآتية :

- يغذى الجزء الاكبر من الاحمال من خلال مبدلات *(Converters)*
- وجود ماكينات اللحام .
- بداية تشغيل متكررة للمحركات الكبيرة .
- احمال سريعة التغير .

يطبق القسم (١) لشبكات الجهد المنخفض فقط والقسم (٢) لشبكات الجهد المتوسط وفى حالة عدم وجود مستويات تناسق معرفة لشبكات الجهد المتوسط فنستخدم قيم القسم (١) بينما يطبق القسم (٣) لشبكات الجهد المنخفض والمتوسط .

وفيما يلى مستويات التناسق القياسية للاضطرابات المختلفة .

٤-١ التغير فى الجهد *(Voltage changes)*

يحدث التغير فى الجهد نتيجة تغيير الاحمال او أثناء عمليات بدء التشغيل لمكونات الشبكة مثل : المحركات ـ مصفوفات المكثفات - مغيرات الجهد لمحولات القدرة

ويوضح جدول (٤-١) مستويات التناسق للتغيير فى الجهد للاقسام ٣،٢،١

وتكون قيم حدود الجهد للقسم ٣ تبعاً للفترة الزمنية للتغير فى الجهد كالآتى :

من $0.85\ U_N$ الى $0.9\ U_N$ لفترة زمنية لاتزيد عن *60 Sec.*

من $0.9\ U_N$ الى $1.1\ U_N$ لفترة زمنية اكبر من *60 Sec.*

٤-٢ الانحدارات فى الجهد والانقطاعات ذات الفترات القصيرة

Voltage dips and short - time interruptions

يوضح جدول (٤-١) قيم للاسترشاد فقط للانحدارات فى الجهد ، وهى ليست مستويات تناسق ، كذلك يوضح الجدول الفترة الزمنية لانقطاعات التيار ، وتستخدم وحدات مصادر التغذية البديلة *(UPS)* عند انقطاع التغذية الرئيسية لعلاج هذا النوع من الاضطرابات .

٤-٣ عدم اتزان الجهد *Voltage Unbalance*

يقاس عدم الاتزان بالنسبة بين جهد مركبة التتابعية السالبة الى جهد مركبة التتابعية الموجبة اى $\frac{U_{neg}}{U_{pos}}$ ويوضح جدول (٤-١) مستويات التناسق لعدم اتزان الجهد .

عند نقط الربط الداخلية *(IPCs)* المدرجة بالقسم (٣) ، تقدر قيمة حد مركبة جهد التتابعية السالبة منسوبة الى القيمة المتوسطة خلال فترة دورة *10 min* ، كما يجب الا تزيد القيمة اللحظية لمركبة التتابعية السالبة للجهد الاساسى عن *4%* .

٤ - ٤ الانحرافات فى تردد مصدر التغذية *Power-Frequency Deviations*

يوضح جدول (٤-١) مستويات التناسق للانحراف فى التردد طبقاً للمواصفات القياسية *IEC 1000-2-4* .

بينما يكون الانحراف فى التردد طبقاً للمواصفات الاوربية *EN 50.160* لشبكات الجهد المنخفض والمتوسط كالآتى :

أ – شبكة متصلة بربط متزامن *(Synchronous Link)*

50 HZ ± 1 % (i.e from 49.5 to 50.5 HZ) for 95% of week's time

$$50\ HZ \pm (4\% - 6\%)\begin{bmatrix}(i.e\ from\ 48\ to\ 52\ HZ)\\ from\ 47\ to\ 53\ HZ\end{bmatrix} for\ 100\%\ of\ week's\ time$$

ب – شبكة متصلة بربط غير متزامن .

50 HZ ± 2% (i.e from 49 to 51 HZ) for 95% of week's time

50 HZ ± 15% (i.e from 42.5 to 57.5 HZ) for 100% of week's time

٤-٥ التوافقيات والتوافقيات البينية للجهود

Harmonic and inter-harmonic voltages

يقدر عامل التشوه الكلى للتوافقيات *(Total Harmonic Distortion factor)* ، والذى يرمز له بالرموز *THD* ، بمركبات الجهود للتوافقيات من الثانية وحتى الاربعين بالاضافة الى مركبات التوافقيات البينية لمدى التردد المحدد ، ويكون الهدف من تحديد قيمة عامل التشوه الكلى للتوافقيات هو منع حدوث قيم كبيرة لمختلف التوافقيات فى نفس الوقت . تتواجد التوافقيات البينية ذات القيم العالية فى نقط الربط الداخلية *(IPCs)* المدرجة بالقسم ٣ من انواع خاصة من المبدلات *(Converters)* . وذكرت القيم للاسترشاد فقط ، باعتبار نقص بعض الخبرات بالاضافة الى ان القياسات تتم فى حدود مدى *10HZ* ، ووضعت مستويات التناسق المناسبة للقسم (٢) وذلك للأجهزة المتحكم فيها بالنبضات *(Ripple-controlled devices)* ، عموماً هذه الاجهزة غير موجودة فى البيئة الصناعية ، ولذلك فإن مستويات التناسق للقسمين (١) ، (٢) اقل كثيراً بالنسبة للبيئة الصناعية .

ويجب مراعاة الآتى :

١ - تنسب حدود كل من قيم التوافقيات والتوافقيات البينية وعامل التشوه الكلى للتوافقيات الى القيم المستمرة (الدائمة) وبالنسبة للتوافقيات العابرة *(Transient)* يسمح بقيم حتى *1.5* مرة من الحدود الدائمة خلال فترة قصوى *10%* من اى دورة رصد لمدة *2.5 min* .

٢ - توصل مكثفات تحسين معامل القدرة على نقط الربط الداخلية *(IPCs)* المدرجه بالقسم ٣ خلال ممانعات توالى *(Series reactors)* فى حالة الاحتياج .

وفيما يلى مستويات التناسق للتوافقيات طبقاً للمواصفات القياسية العالمية *(IEC 1000-2-4)* ويوضح جدول (٤-٢) مستويات التناسق للتشوه الكلى للتوافقيات .

بينما يبين الجدولين (٤-٣) ، (٤-٤) مستويات التناسق لمركبات التوافقيات الفردية للجهود .

ويبين جدول (٤-٥) مستويات التناسق لمركبات التوافقيات الزوجية للجهود .

وفى جدول (٤-٦) حددت مستويات التناسق لمركبات التوافقيات البينية للجهود .

وحددت المواصفات القياسية العالية *IEEE 519-1992* حدود توافقيات التيار والجهد كما فى الجداول التالية :

يحوى جدول (٤-٧) حدود قيم التشوه الكلى لتوافقيات الجهد *THD(V)* وكذلك التوافقيات المنفصلة *(Individual)* للجهود المقننة المختلفة ،فى الجداول ارقام (٤-٨) ، (٤-٩) ، (٤-١٠) قيم اقصى تشوه للتيار لمستويات الجهود المختلفة بينما يوضح جدول(٤-١١) قيم تشوه التيار للتوافقيات المنفصلة طبقاً للمواصفات البريطانية *G5/3* .

القيم المذكورة بهذه الجداول هى لأسواء حالات التشغيل الاعتيادى (والتى تستمر على الاقل لمدة ساعة) ، بينما فى حالات التشغيل الاضطرارية او حالات بداية التشغيل ، اى الحالات التى تستمر لفترة زمنية قصيرة جداً ، فان هذه القيم تزيد حوالى *50%* {يعرف التشوه الكلى للحمل *Total Demand Distortion* والذى يرمز له بالرموز *TDD* بانه تشوه التيار بالتوافقيات كنسبة من اقصى حمل *(15 or 30 min demand)* } .

ويوضح جدول (٤-١٢) مقارنة بين قيم التوافقيات المنفصلة وقيم التشوه الكلى لتوافقيات الجهد تبعاً لكل من :

- المواصفات القياسية العالمية *IEC 1000* .
- المواصفات القياسية باستراليا .
- المواصفات القياسية بفنلندا .
- المواصفات القياسية *IEEE 519* .
- المواصفات القياسية البريطانية .

ذكرت المواصفات القياسية العالمية *IEC 555-2* حدود توافقيات التيار والجهد للمعدات احادية الوجه ، بجهد مقنن ٢٢٠ - ٢٦٠ فولت . ٥٠ هرتز ، ويوضح جدول (٤-١٣) النسبة المئوية القصوى لتوافقيات الجهد. بأستخدام هذا الجدول نحصل على حدود تيار التوافقيات ، بافتراض ان معاوقة المدخل للمعدة عند كل تردد توافقى تساوى :

$Z_{ref} = (0.4 + jh\, 0.25)\ ohm$

جدول (٤-١) مستويات التناسق للاضطرابات الآتية :

التغير في الجهد . انحدار الجهد . انقطاع الجهد . عدم اتزان الجهد . انحراف التردد .

Compatibility levels

Disturbance	Class 1	Class 2	Class 3
Voltage changes, deviation with respect to nominal voltage U_N $\Delta U / U_N$	± 8 %	±10 %	+ 10 % to + 15 %
Voltage dips (note 1) $\Delta U / U_N$ Δf (half-cycle)	10 % to 100 % 1	10 % to 100 1 to 300	10 % to 100 % 1 to 300
Short-time interruptions (s) (note 2)	None	–	≤ 60
Voltage unbalance U_{neg} / U_{pos}	2 %	2 %	3 %
Power-frequency deviations $\Delta f / f_N$	± 1 %	± 1 %	± 2 %

NOTES
1 - These values are not compatibility levels, they are given for guidance purposes.
2 - Not applicable for class 2.

جدول (٤-٢) مستويات التناسق للتشوه الكلي للتوافقيات (THD)

Compatibility levels for harmonics

	Class 1	Class 2	Class 3
Total harmonic distortion (THD)	5 %	8 %	10 %

جدول (٤-٣) مستويات التناسق لمركبات التوافقيات الفردية غير الثلاثية (٥ ، ٧ ، ١١ ....) للجهد

Compatibility levels for harmonics – Harmonic voltage components (excluding multiples of 3, odd order)

Order h	Class 1 U_h (%)	Class 2 U_h (%)	Class 3 U_h (%)
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3,5	5
13	3	3	4,5
17	2	2	4
19	1,5	1,5	4
23	1,5	1,5	3,5
25	1,5	1,5	3,5
> 25	0,2 + 12,5/h	0,2 + 12,5/h	$5 \times \sqrt{11/h}$

جدول (٤-٤) مستويات التناسق لمركبات التوافقيات الفردية الثلاثية (٣ ، ٩ ، ١٥ ....) للجهد

Compatibility levels for harmonics – Harmonic voltage components (multiples of three, odd order)

Order h	Class 1 U_h (%)	Class 2 U_h (%)	Class 3 U_h (%)
3	3	5	6
9	1,5	1,5	2,5
15	0,3	0,3	2
21	0,2	0,2	1,75
> 21	0,2	0,2	1

جدول (٤ ـ ٥) مستويات التناسق لمركبات التوافقيات الزوجية للجهد

Compatibility levels for harmonics – Harmonic voltage components (even order)

Order h	Class 1 U_h (%)	Class 2 U_h (%)	Class 3 U_h (%)
2	2	2	3
4	1	1	1,5
6	0,5	0,5	1
8	0,5	0,5	1
10	0,5	0,5	1
> 10	0,2	0,2	1

جدول (٤ ـ ٦) مستويات التناسق لمركبات التوافقيات البينية للجهد

Compatibility levels for inter-harmonics
Inter-harmonic voltage components

Order h	Class 1 U_h (%)	Class 2 U_h (%)	Class 3 U_h (%)
< 11	0,2	0,2	2,5
11 to 13 included	0,2	0,2	2,25
13 to 17 included	0,2	0,2	2
17 to 19 included	0,2	0,2	2
19 to 23 included	0,2	0,2	1,75
23 to 25 included	0,2	0,2	1,5
> 25	0,2	0,2	1

جدول (٤ - ٧) قيم التشوه الكلى للتوافقيات وكذلك تشوه الجهد للتوافقيات المنفصلة

Voltage Distortion Limits

Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
69 kV and below	3.0	5.0
69.001 kV through 161 kV	1.5	2.5
161.001 kV and above	1.0	1.5

جدول (٤ - ٨) حدود تشوه التيار لشبكات التوزيع جهد ١٢٠ ڤولت حتى ٦٩ ك.ف

Current Distortion Limits for General Distribution Systems (120 V Through 69 000 V)

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of I_L						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
I_{sc}/I_L	<11	$11 \le h < 17$	$17 \le h < 23$	$23 \le h < 35$	$35 \le h$	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

جدول (٤ - ٩) حدود تشوه التيار للشبكات ذات الجهود من ٦٩ الى ١٦١ ك.ف

Current Distortion Limits for General Subtransmission Systems (69 001 V Through 161 000 V)

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of I_L						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
I_{sc}/I_L	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20<50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50<100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100<1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0

جدول (٤ - ١٠) حدود تشوه التيار لنظم النقل للجهود أكبر من ١٦١ ك.ف

Current Distortion Limits for General Transmission Systems (>161 kV), Dispersed Generation and Cogeneration

Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
I_{sc}/I_L	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	THD
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
≥50	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75

Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.

Current distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.

*All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L.

where

I_{sc} = maximum short-circuit current at PCC.
I_L = maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC

جدول (٤ - ١١)

THE BRITISH ELECTRICITY COUNCIL ENGINEERING RECOMMENDATIONS G5/3.

Permitted harmonic currents for any one consumer at point of common coupling under 2 limits[1]

Supply system voltage kV at point of common coupling	Harmonic number and current (A rms)																	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0.415	48	34	22	56	11	40	9	8	7	19	6	16	5	5	5	6	4	6
6.5 & 11	13	8	6	10	4	8	3	3	3	7	2	6	2	2	2	2	1	1
33 & 66	11	7	5	9	4	5	3	2	2	6	2	5	2	1	1	2	1	1
132	5	4	3	4	2	3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1

جدول (٤-١٢) قيم التوافقيات المنفصلة وقيم التشوه الكلى لتوافقيات الجهد طبقاً للمواصفات القياسية العالمية المختلفة .

المواصفات القياسية / التشوه	طبقـاً IEEE 519	IEC 1000-2-2		الموصفات القياسية باستراليا	الموصفات القياسية بفنلندا	الموصفات القياسية البريطانية		طبقاً IEC 1000-2-4 1992
	Up To 69 KV	L.V M.V	H.V	UP TO 33 KV	11 KV	0.415 KV	6.6 - 11 KV	
اقصى تشوه للتوافقيات المنفصلة	3%			الزوجية 2% الفردية 4%	4%	الزوجية 2% الفردية 4%	1.75% 3 %	
THD	شبكة عامة 5% شبكة تحتوى على مبدلات 8%	8%	3%	5%	5%	5%	4%	البيئة المحمية 5% تبعاً لاستعمال الشبكات 8% البيئة الصناعية 10%

جدول (٤-١٣)

درجة التوافقية *Harmonic order*	النسبة المئوية القصوى لتوافقيات الجهد *Maximum voltage harmonic ratio %*
التوافقيات الفردية *(odd)*	
3	0.85
5	0.65
7	0.6
9	0.4
11	0.4
13	0.3
15-39	0.25
التوافقيات الزوجية *(even)*	
2	0.3
4-40	0.2

جدول (٤-١٤)

درجة التوافقية *Harmonic order*	اقصى تيار توافقية مسموح به (امبير) *Max. permissible harmonic current (A)*
التوافقيات الفردية	
3	2.3
5	1.14
7	0.77
9	0.4
11	0.33
13	0.21
15-39	0.15 ($\frac{0.15}{h}$)
التوافقيات الزوجية *(even)*	
2	1.08
4	0.43
6	0.3
8-20	0.23 (8/h)

حيث h درجة التوافقية .

وبذلك نحصل على جدول (٤-١٤) موضحاً اقصى قيم لتوافقيات التيار مسموحاً بها

٤-٦ الارتعاش (*Flicker*)

توجد منحنيات وقيم للاسترشاد للعلاقة بين :

- النسبة المئوية للتقلب فى الجهد (*Voltage fluctuation*) اى $\frac{\Delta V}{V}$ %)
- عدد مرات التغيير فى الجهد بالنسبة للزمن *Fluctuation/time*)

وذكرت المواصفات القياسية العالمية *IEEE 519 - 1992* . منحنيات للعلاقة بين اقصى تقلب مسموح فى الجهد مع التقلب بالنسبة للزمن وقد حصل عليها نتيجة دراسة عملية من مصادر متعددة (ومازال الامر خاضع للدراسة) . وهذه المنحنيات موضحة فى شكل(٤-١).

وينقسم الشكل الى الاجزاء الثلاثة الآتية :

أ – التقلب لكل ساعة *(Fluctuation / hour)*

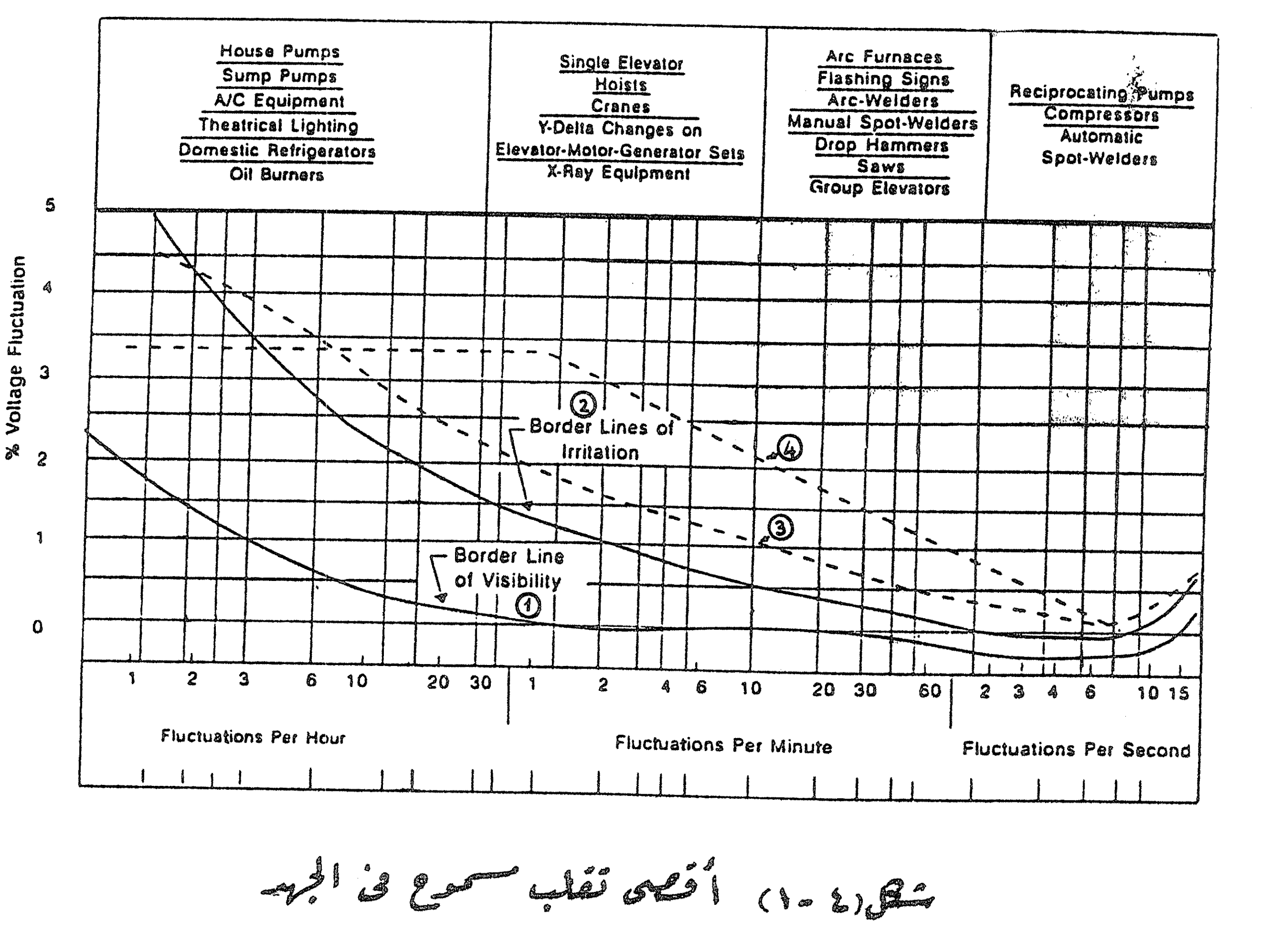
مصادرها :

- طلمبات المنازل *House pumps*
- طلمبات الاحواض *Sump pumps*
- اضاءة المسارح *Theatrical lighting*
- الثلاجات المنزلية *Domestic Refrigerators*
- المواقد الزيتية *Oil Burners*
- المعدات الكهربائية *A/C equipments*

ب – التقلب لكل دقيقة *(Flutuation / minute)*

مصادرها:

- مصعد *(single elevator)*
- رافعات *(Hoists)*
- رافعات او اوناش *(Cranes)*
- مجموعة مولد / محرك للمصاعد يحتوى على توصيلة Y-Δ .
(Y- delta changes on Elevator - motor - Generator set)
- معدات اشعة اكس *(X-Ray equipments)*
- افران القوس الكهربى *(Arc Furnaces)*
- ماكينات اللحام بالقوس *(Arc - welders)*
- اشارات ومضية *(Flashing signs)*
- ماكينات اللحام النقطى اليدوى *(Manual spot - welders)*
- مجموعة مصاعد *(Group Elevators)*
- مطرقة ساقطة *(Drop hammer)*



شكل (٤-١) أقصى تقلب مسموح في الجهد

- مناشير (*Saws*) .

جـ - التقلب لكل ثانية (*Fluctuation / second*)

مصادرها :

- المضخات الترددية (*Reciprocating pumps*)
- الضواغط (*Compressors*)
- ماكينات اللحام النقطى الآلية (*Automatic spot - welders*)

ويمثل المنحنى رقم (١) بالشكل خط حافة الرؤية (*Border line of visibility*) ويمثل المنحنى رقم (٢) خط حافة التهيج (*Border line of irritation*) .

بينما المنحنيين (٣) ، (٤) يمثلا ارتعاش الجهد المسموح من دراسة نشرت بمجلة *Electrical world November 3, 1958 and June 26, 1961*

يمكن الحفاظ على الاستقرار النسبى للجهد عند نقطة الربط المشترك (*PCC*) باستخدام مكثفات التوالى او تحكم استاتيكى فى القدرة غير الفعالة او مكثفات تعمل من خلال ثيريزتورات ..

وطبقاً للمواصفات القياسية العالمية *IEC 555-3* يوضح شكل (٤-٢) العلاقة بين التغير النسبى فى للجهد $\frac{\Delta V}{V}$ % وعدد مرات التغير فى الجهد / الدقيقة كذلك يوضح جدول (٤-١٥) قيم اقصى تغير مسموح فى الجهد $\frac{\Delta V}{V}$% وعدد مرات التغير فى الجهد / الدقيقة ونطاق زمن الذاكرة (*memory times*) بالثانية (والناتج من التغير النسبى فى الجهد $\frac{\Delta V}{V}$ %) .

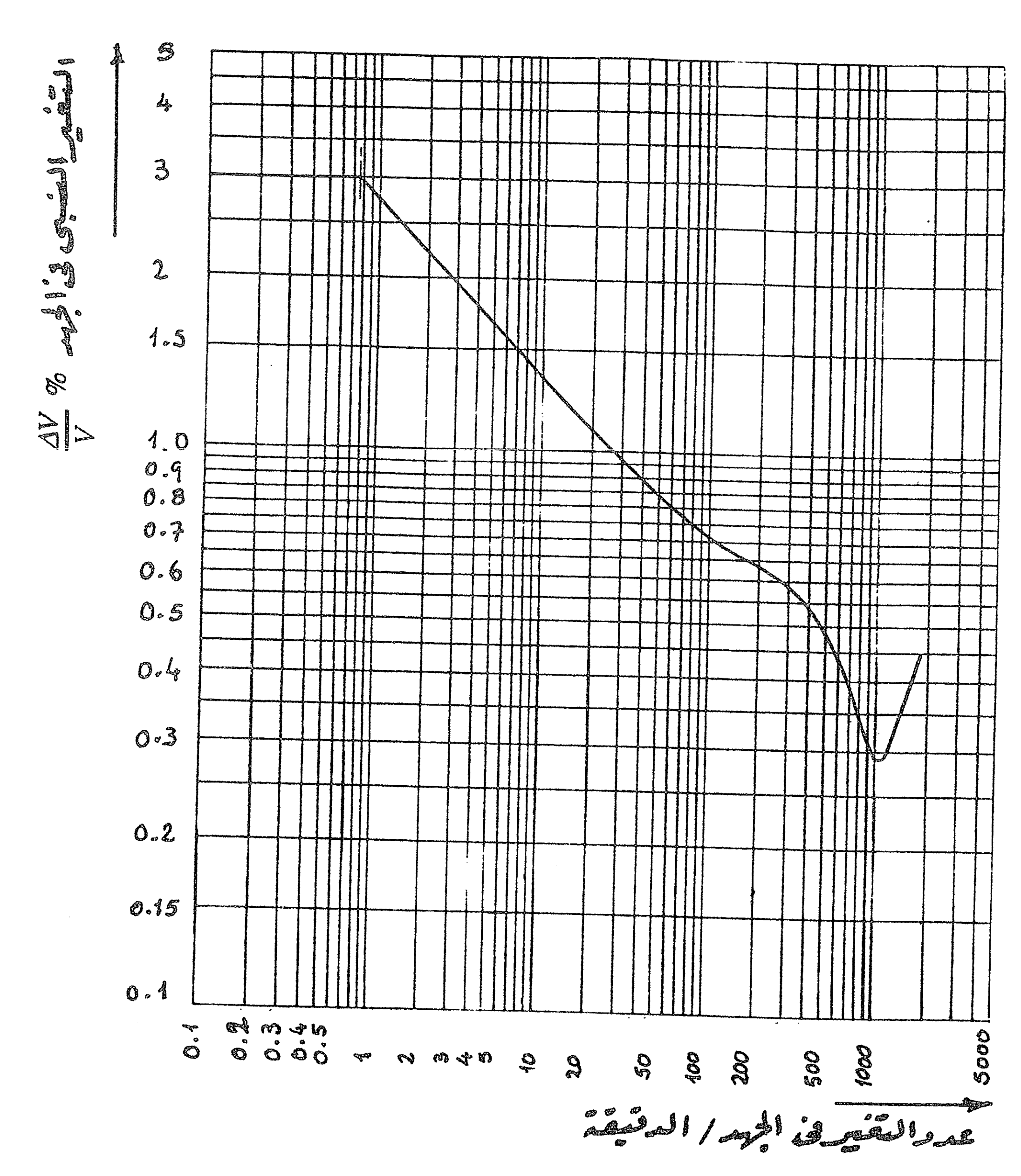
٤-٧ حدود نقرات التوحيد (*Limits on Commutation Notches*)

حددت المواصفات القياسية العالمية (*IEEE 519-1992*) قيم مساحة النقرة (*notch area*) للجهد بين خطين عند نقطة الربط المشترك (*PCC*) وكذلك عمق النقرة (*notch depth*) كما فى جدول (٤-١٦) والذى يستخدم لشبكات الجهد المنخفض والتى يمكن بسهولة ان يقاس لها مساحة النقرة باستخدام مرسم التذبذبات (*oscilloscope*)

ويوضح شكل (٤-٣) تعريف عمق ومساحة النقرة كالآتى :

عمق النقرة = $\%\ notch\ depth = d/v \times 100$

مساحة النقرة = $A_n = t\, d = \mu sec\ .\ volts$



شكل (٤ - ٢) العلاقة بين التغير النسبي في الجهد وعدد مرات التغير في الجهد / الدقيقة .

جدول (٤ - ١٥) قيم أقصى تغيير مسموح في الجهد وعدد مرات التغيير في الجهد / الدقيقة ونطاق زمن التذكرة t(s) بالثانية.

Changes per minute and memory times in seconds for various relative voltage changes

$\Delta U/U$(%)	Changes/min	t(s)
3.0	0.0167	-
3.0	0.76	79
2.9	0.84	71
2.8	0.95	63.5
2.7	1.06	56.5
2.6	1.20	50.0
2.5	1.36	44.1
2.4	1.55	38.7
2.3	1.78	33.7
2.2	2.05	29.2
2.1	2.39	25.2
2.0	2.79	21.5
1.9	3.29	18.2
1.8	3.92	15.3
1.7	4.71	12.7
1.6	5.72	10.5
1.5	7.04	8.5
1.4	8.79	6.8
1.3	11.16	5.4
1.2	14.44	4.16
1.1	19.10	3.14
1.0	26.6	2.26
0.95	32.0	1.88
0.90	39.0	1.54
0.85	48.7	1.23
0.80	61,8	0.97
0.75	80.5	0.75
0.70	110	0.55
0.65	175	0.343
0.60	275	0.218
0.55	380	0.158
0.50	475	0.126
0.45	580	0.103
0.40	690	0.087
0.35	795	0.076
0.29	1 052	0.057
0.30	1 180	-
0.35	1 400	-
0.40	1 620	-
0.45	1 800	-

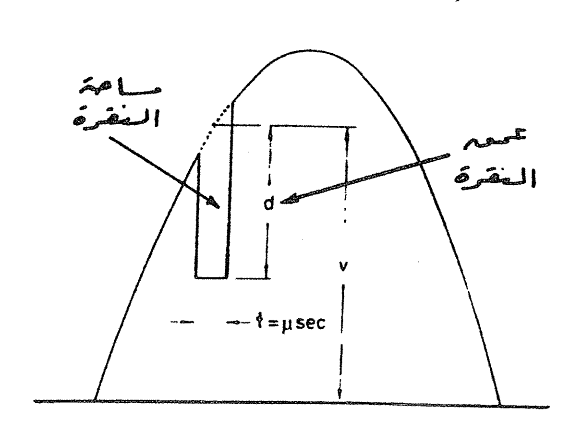
جدول (٤ - ١٦) حدود عمق ومساحة النقرة
لشبكات الجهد المنخفض

Low-Voltage System Classification and Distortion Limits

	Special Applications*	General System	Dedicated System†
Notch Depth	10%	20%	50%
THD (Voltage)	3%	5%	10%
Notch Area (A_N)‡	16 400	22 800	36 500

NOTE: The value A_N for other than 480 V systems should be multiplied by V/480

*Special applications include hospitals and airports.
†A dedicated system is exclusively dedicated to the converter load.
‡In volt-microseconds at rated voltage and current.



شكل (٤ - ٣) تعريف عمق ومساحة النقرة

الباب الخامس

علاج اضطرابات التغذية

Mitigate Power Disturbances

للوصول الى كفاءة وجودة عالية وصفات مميزة لموجات الجهود والتيارات فانه يجب دراسة امكانية علاج الاضطرابات وذلك بعد تحديد انواعها ومصادرها .

يفضل لعلاج الاضطرابات، عند مشترك او مستهلك معين ، ان يبدأ بمراجعة شاملة لجميع المهمات ومكونات الشبكة الداخلية لديه متبعاً استرشادات وتوصيات معينة ، موضحة فى البند التالى ، وان لم تأتى بنتيجة ايجابية فيجب التفكير فى تركيب معده لتحسين اداء الشبكة وعلاج الاضطرابات والتى نذكر منها :

- المرشحات *(Filters)*
- منظمات الجهد *(Voltage regulators)*
- وحدة مولد / محرك *(Motor / Generator set)*
- مصادر التغذية بالقدرة عند انقطاع التغذية الرئيسية *(Uninterruptible power supplies)*
- المحولات العازلة *(Isolation Transformers)*
- مخمدات اندفاعات الجهد الفجائية *(Surge Suppressors)*

يتم اختيار معدة تحسين وعلاج الاضطراب بعد تحديد نوع الاضطراب الموجود فى الشبكة .

وسنستعرض اولاً بعض الارشادات والتوصيات التى يجب البدء بها ، ثم سنذكر فكرة عن كل معدة لتحسين وعلاج الاضطرابات .

اولاً : ارشادات وتوصيات

اذا كانت الاجهزة والمعدات تتأثر بالاضطرابات الحادثة فى موجات الجهد فيجب الاسترشاد بالنقاط والتوصيات الآتية قبل البدء فى التفكير فى تركيب معدات مساعدة لعلاج الاضطرابات :

١ - يتم قياس قيمة جهد المصدر للتأكد من ان القيمة مستقرة وثابتة بالاضافة الى انها قريبة جداً من القيم القياسية العالمية .

فمثلاً الجهد المطلوب للحاسبات الالية طبقاً للمواصفات القياسية الامريكية *ANSI C 84.1* هو *120/208 V* مضافاً اليه سماحية *5%±* ويجب ابلاغ المسئولين فى حالة اختلاف قيمة الجهد عن هذه الحدود .

٢ - التأكد من ان جميع التوصيلات الداخلية المغذية للاجهزة سليمة وذات مقاطع (احجام) مناسبة .

٣ - مراجعة جميع التربيطات (ان وجدت)

٤ - مراقبة درجة الحرارة والرطوبة لتأثيرها السئ على المعدات .

٥- اتباع التعليمات الخاصة بكل جهاز من حيث درجة الحرارة ، قيمة الجهد ، التردد

٦ - التأكد من اتزان التيارات والجهود للثلاثة اوجه .

٧ - يفضل عمل عزل بين مصدر تغذية الاجهزة الالكترونية الحساسة وبين مصدر تغذية باقى المعدات .

٨ - ان وجدت شوشرة فيفضل عزل ارضى *(Isolated grounding)* الكابلات .

٩ - فى المبانى المحتوية على الحاسبات الآلية ، يتم توصيل وربط جميع اراضى المعدات الحساسة بنقطة ارضى مركزية .

١٠ - من الشائع نقل البيانات من خلال كابلات ، وعادة تأرض هذه الكابلات عند مركز الحاسبات الآلية وفى نفس الوقت فان الاطراف البعيدة (الجانب الاخر) ، وليكن مثلاً المحطة صاحبة البيانات ، تكون مؤرضة ايضاً لعوامل الامان . فى هذه الحالة فان الارضى عند الطرفين يمثل مساراً مقفلاً . للتخلص من المسارات الارضية المقفلة تستخدم عازلات بصرية *(Optical Isolators)* او استخدام كابلات الياف بصرية *(Fiber optic)* لنقل البيانات .

ثانياً : معدات تحسين وعلاج الاضطرابات

١ – المرشحات :

تستخدم المرشحات فى حالة وجود توافقيات تيار بقيمة اكبر من المسموح به بالمواصفات القياسية العالمية . وتصمم المرشحات تبعاً لدرجة التوافقية المراد التخلص منها . ويؤدى استخدام المرشحات الى تنقية موجة الجهد من التشوهات واحياناً يفضل تركيب معدة لاخماد الجهود الزائدة مع المرشحات ويتكون المرشح من مكثف وملف ومقاومة ويوضح شكل (٥–١) انواع مختلفة من المرشحات وهى :

– مرشح توليف احادى (*Single tuned filter*) كما فى شكل (٥–١) أ

– مرشح توليف احادى توازى مركب (*Parallel single tuned filter*) كما فى شكل (٥–١)ب.

– مرشح توليف مزدوج (*Double tuned filter*) كما فى شكل (٥–١) جـ

– مرشح اخماد الدرجة الثانية (*Second order damped filter*) كما فى شكل (٥–١)د

– مرشح اخماد الدرجة الثالثة (*Third order damped filter*) كما فى شكل(٥–١) و

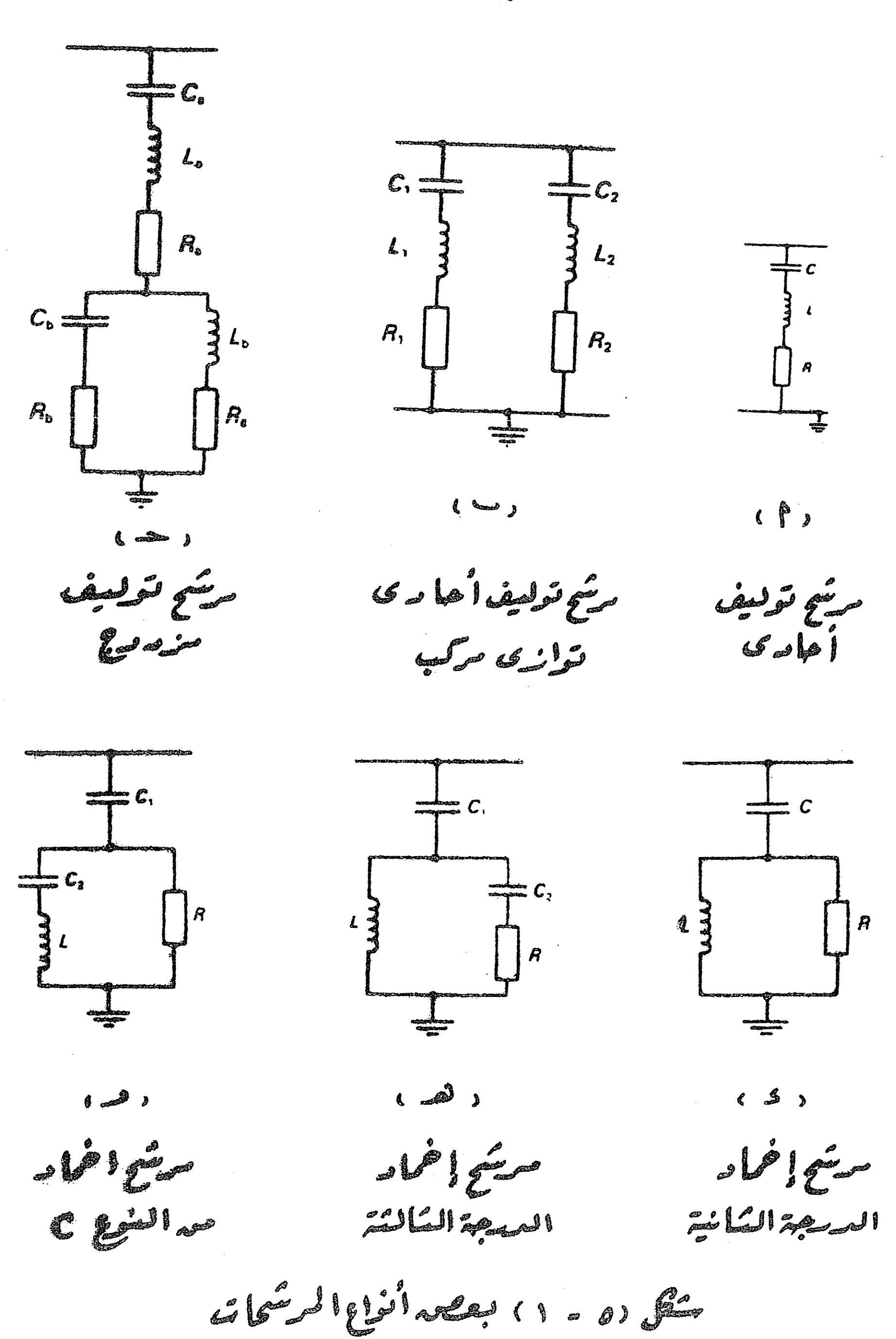
– مرشح اخماد من النوع C (*C-type damped filter*) كما فى شكل (٥–١) هـ .

٢ – منظمات الجهد

تستخدم منظمات الجهد لوقاية وحماية المعدات الحساسة من التغييرات الحادثة فى الجهد سواء ارتفاع او انخفاض الجهد ، اى للحفاظ على الجهد المغذى للمعدات ثابتاً ، وبعض انواع المنظمات يمكنها ايضاً الحماية ضد الارتخاءات (*Sags*) وفجائيات الجهد (*Surges*) عند الترددات العالية .

٣ – وحدة محرك / مولد

تتكون وحدة محرك / مولد من محرك كهربى يدير مولد . يغذى المحرك بجهد المصدر ويتصل المحرك بعمود ادارة المولد . ينتج من المولد موجة جهد لاتعتمد على مصدر التغذية ولاتتأثر بأية اضطرابات فى موجة مصدر التغذية مثل الارتخاءات والانحدارات وفجائيات الجهد .



شكل (٥ - ١) بعض أنواع المرشحات

وتكون البطاريات مشحونة بصفة مستديمة وعند انقطاع التغذية الرئيسية من الشبكة تغذى الاحمال من خلال البطاريات ومبدل *D.C/A.C*

٥ - المحولات العازلة

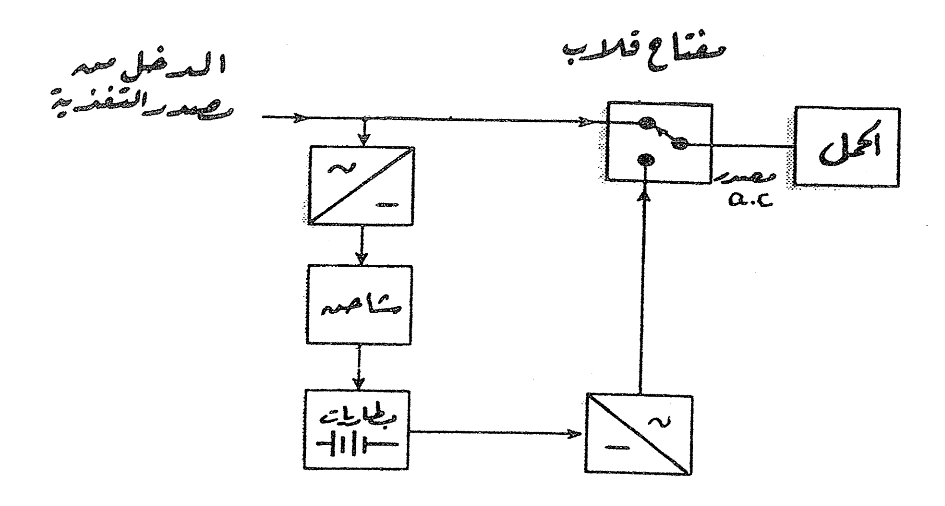
يفيد استخدام المحولات العازلة فى حالة وجود شوشرة *(noise)* تؤثر على المعدات الالكترونية الحساسة ، فيكون المحول العازل كوقاية للمكونات الالكترونية من تأثير الشوشرة . ويكون له تأثير جيد فى حالة استخدامه للتخلص من الشوشرة بين وجه والارض . بينما يكون تأثيره محدداً فى حالة استخدامه للتخلص من الشوشرة بين وجهين .

٦ - مخمدات اندفاعات الجهد الفجائية :

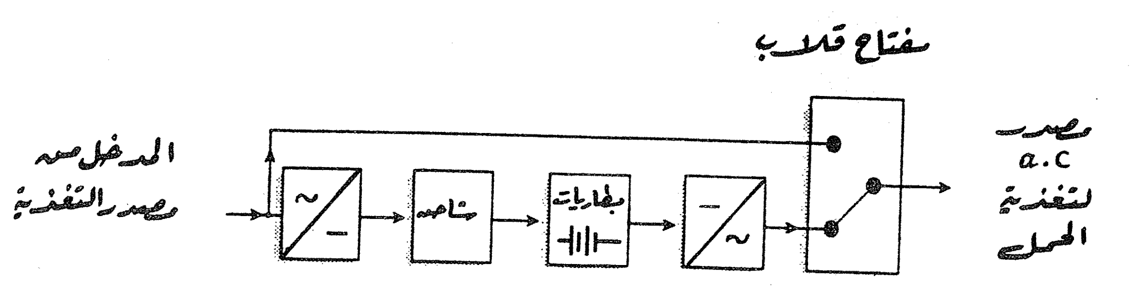
تستخدم المخمدات للحد من او التخلص من النبضات او الجهود الابرية حيث انها تجعلها تمر الى الارض مباشرة ، اى لاتمر بالمعدة او الجهاز ، وتركب المخمدات بين مصدر التغذية والاجهزة الحساسة .

لخصت المجلة العلمية *IEEE Std. 1100-1992* فى الجدول رقم (٥-١) انواع الاضطرابات الحادثة فى الجهد والتردد واجهزة الوقاية اللازمة لكل حالة ويمكن الاستفادة والاسترشاد باستخدام هذا الجدول .

بينما يوضح جدول (٥-٢) امثلة من قطاعات صناعية والاضطرابات الحادثة ونظم التعويض اللازمة للعلاج .



شكل (٥ - ٤) وحدة احتياطية لتغذية الأحمال
عند انقطاع مصدر التغذية الرئيسي



شكل (٥ - ٥) وحدة لتغذية الأحمال عند انقطاع
مصدر التغذية الرئيسي

جدول (٥ - ١)

POWER QUALITY CONDITION		TRANSIENT VOLTAGE SURGE SUPPRESSOR	EMI/RFI FILTER	ISOLATION TRANSFORMER	VOLTAGE REGULATOR (ELECTRONIC)	VOLTAGE REGULATOR (FERRORESONANT)	MOTOR GENERATOR	STANDBY POWER SYSTEM	UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY	STANDBY ENGINE GENERATOR
TRANSIENT VOLTAGE SURGE	COMMON MODE	▒		■	▒	■	■	▒	▒	
	NORMAL MODE	▒			▒	■	■	▒	■	
NOISE	COMMON MODE		▒	■	▒	■	■	▒	▒	
	NORMAL MODE		▒	▒	▒	■	■	▒	■	
NOTCHES				▒		■	■		■	
VOLTAGE DISTORTION						▒	■		▒	
SAG					▒	▒	▒	▒	■	
SWELL					▒	■	■	▒	■	
UNDERVOLTAGE					■	■	■	▒	▒	
OVERVOLTAGE					■	■	■	▒	▒	
MOMENTARY INTERRUPTION							▒	■	■	
LONG-TERM INTERRUPTION										■
FREQUENCY VARIATION								▒	■	▒

■ IT IS REASONABLE TO EXPECT THAT THE INDICATED CONDITION WILL BE CORRECTED BY THE INDICATED POWER CONDITIONING TECHNOLOGY.

▒ THERE IS A SIGNIFICANT VARIATION IN POWER CONDITIONING PRODUCT PERFORMANCE. THE INDICATED CONDITION MAY OR MAY NOT BE FULLY CORRECTABLE BY THE INDICATED TECHNOLOGY.

جدول (٥-٢) امثلة من قطاعات صناعية والاضطرابات الحادثة فيها ونظم التعويض اللازمة

قطاع الصناعة	Industrial Sector	الحمل المسبب للاضطرابات	الاضطرابات: انخفاض معامل القدرة	الاضطرابات: التقلب فى الجهد	الاضطرابات: عدم اتزان الاحمال	الاضطرابات: توفقيات	نظام التعويض: توصيل مصفوفة مكثفات	نظام التعويض: نظام تعويض آلى (ثيريزتور)	نظام التعويض: مرشح
الصناعات المعدنية :	Metal Industrial								
– مصانع صهر الصلب بالكهرباء	Electric steel plants	– افران القوس الكهربى	×	×	×	×		×	×
– المسابك	Foundries	– افران الترددات المتوسطة / المنخفضة	×		×	×	×	×	×
– مصانع الدرفلة	Rolling mills	١-	×	×		×		×	×
مواد البناء	Building materials								
– اعمال الاسمنت	Cement works	١،٢،٣،٤	×			×	×		×
– مصانع الجير	Lime plants								
صناعات التعدين	Mining industry								
– نظم التفريغ	Conveyor systems								
– درفلة الخامات	Ore mills	١،٢،٤	×			×	×		×
– حفارات	Bucket wheel excavators								
– الفارجة – المباعدة	Spreaders								
الورق – الطباعة	Printing , paper								
– اعمال الطباعة	Printing works	١	×			×	×		×
– درفلة الورق	Paper mills	١،٤	×	×		×	×	×	×
الكيماويات	Chemicals								
– التحليل بالكهرباء	Electrolysis	مبدلات	×	×		×		×	×
– مصانع كيميائية متنوعة	Diverse chemical plants	٤	×				×		
معامل الاختبار	Test beds and laboratories								
– مصدر مغناطيسى للابحاث النووية	Magnet supply Systems for nuclear research	مبدلات	×	×		×		×	×
– اختبار تجاوز السرعة	Overspead testing	١،٢،٣	×			×	×		×
– انفاق هوائية	Wind tunnels	١،٢،٣	×			×	×		×
مرفق المياه	water utility								
محطات الطلمبات	Pump stations	٣	×			×	×		×

حيث :

١ = مبدل يغذى معدات جر تعمل بالتيار المستمر *(Converter-fed d.c drives)*

٢ = مبدل دورى يغذى معدات جر ثلاثية الاوجه

(Cycloconverter-fed 3-ph drives)

٣ = معدات جر تحتوى على مبدل تحت التزامنى متعاقب

(Drive with subsynchronous converter cascade)

٤ = محركات غير متزامنة بسعة كلية عالية

(Asynchronous motors with high total ratings)

امثلة لعلاج بعض حالات الاضطرابات :

١ - تقليل ارتعاش الجهد بتوصيل مكثف على التوالى مع الحمل :

تسحب المحركات عند بداية تشغيلها تيار كبير مصحوباً بمعامل قدرة منخفض مما يسبب فى انحدار لحظى فى الجهد على طول الخط ولمدة ثوانى قليلة حتى تصل سرعة المحرك الى سرعته الاصلية وسوف تتكرر هذه الظاهرة مع كل بداية تشغيل المحركات ممايؤدى الى شكوى المشتركين مع هذه المحركات على نفس نقطة الربط المشترك *(PCC)* من حدوث ارتعاش فى الجهد .

لحل هذه المشكلة يضاف مكثف على التوالى مع الحمل ، كما فى شكل (٥-٦) وتكون نسبة الارتعاش فى الجهد هى :

$$\%\ Voltage\ Flicker = \left\{ 1 - \left| \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \right| \right\} \times 100$$

حيث Z_1 المعاوقة على الجانب الايسر لمكان حدوث الارتعاش ، اى أن :

$Z_1 = Z_s + Z_c$

$Z_s = Source\ impedence = r_1 + j X_1$

$Z_c = -j X_c = reactance\ of\ series\ capacitor$

و Z_2 المعاوقة على الجانب الايمن لمكان حدوث الارتعاش ، اى ان

$Z_2 = r_2 + jX_2$

يتم ضبط قيمة الممانعة السعوية لمكثف التوالى بحيث تقلل الارتعاش بقدر الامكان ويفضل ان تكون اقل من قيمة الممانعة الكلية للمصدر حتى لايؤدى التعويض الزائد الى حدوث زيادة او تذبذب غير مرغوب .

ويوضح شكل (٥-٧) دائرة مكثف التوالى والوقاية الخاصة به والتى تتمثل فى الآتى :

١ - توصيل مقاومة متغيرة ذو طاقة عالية (*High Energy varistor*) على التوازى مع المكثف للحد من قيمة الجهد بين طرفى المكثف خلال اعطال الشبكة .

يتكون المغير من مجموعة من اقراص معدنية مؤكسدة (*Metal oxide varistor disks*) متصلة على التوالى وعلى التوازى وموضوعة فى غلاف بورسلين محكم . وتتكون الاقراص من مركب من اكسيد الزنك (*Zinc oxide*) ومعادن أخرى مؤكسدة وتكون خاصية الاقراص عبارة عن علاقة غير خطية بين التيار والجهد .

وحيث ان وحدات المكثفات القياسية يمكن ان تتحمل حوالى ضعف الجهد المقنن لمدة ثانية ، فانه يتم اختيار المغير بحيث يتحمل حوالى ضعف قيمة الجهد المقنن .

٢ - عنصر التحكم الرئيسى (*Master control*) والذى يراقب جهد المكثف من خلال محولات جهد متصلة على الثلاثة اوجه لمكثف التوالى ، بحيث يوصل مفتاح المسار الجانبى (*Bypass switch*) الياً عندما يشير الجهد بين طرفى المكثف الى عطل الشبكة ، ويفتح المفتاح آلياً اذا حدث اعادة للوضع الطبيعى فى خلال دقيقة واحدة .

٣ - مفاعلات التفريغ (*Discharge reactors*)

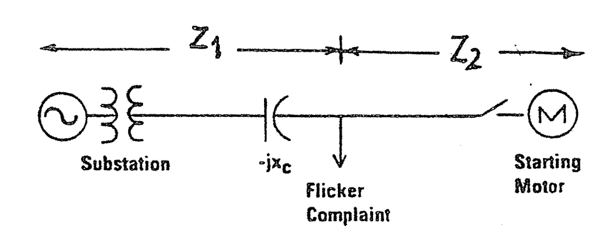
تستخدم للحد من قيمة تيار تفريغ المكثف خلال مفتاح المسار الجانبى

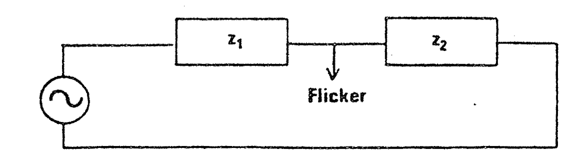
٤ - عنصر مسار جانبى للتيارات الدفعية (*Inrush bypass*)

تستخدم للتغلب على التذبذبات (*Oscillations*) غير المرغوبة الناتجة اثناء بداية تشغيل المحرك او عند تشغيل محول القدرة .

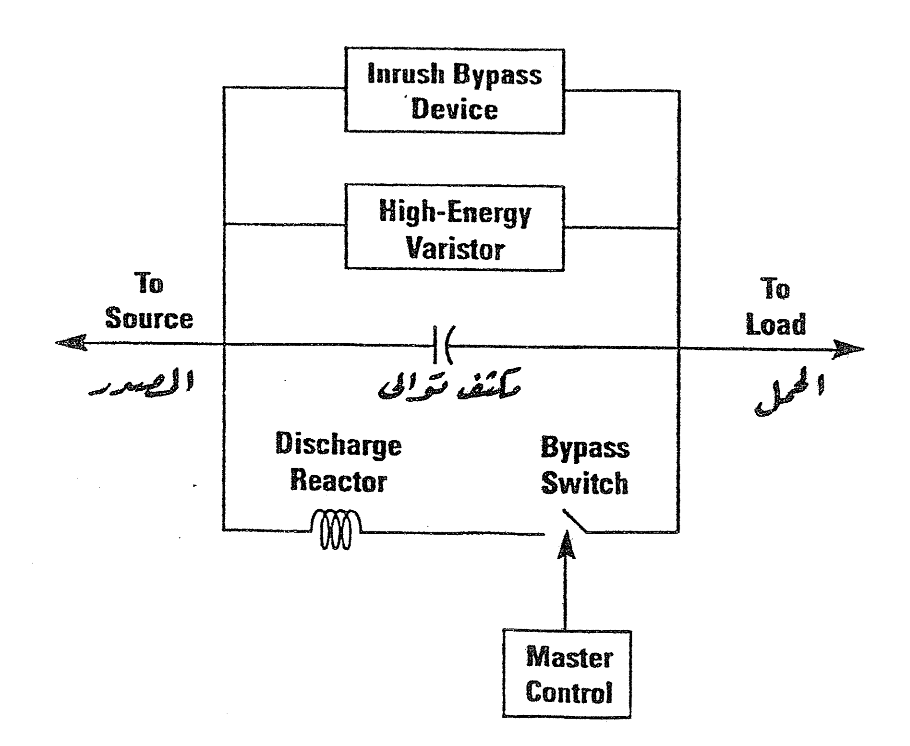
٢ - تقليل الموجات العابرة الحادثة اثناء تعشيق المكثفات

اصبح شائعاً استخدام المكثفات كمصدر للقدرة غير الفعالة وفى تطبيقات المرشحات للتخلص من التوافقيات ، ينتج عند بداية تشغيل المكثفات جهود مرتفعة تؤدى الى انهيار العزل الكهربى ، واذا تصادف تعشيق قاطع التيار الخاص بالمكثفات ، فى لحظة الذروة





شكل (٥ - ٦) تمثيل للدائرة المكافئة بعد إضافة مكثف توالي لتقليل ارتعاش الجهد



شكل (٥ - ٧) توصيل مكثف توالي والوقاية الخاصة به

لموجة الجهد ينتج موجات عابرة *(Transients)* من المكثفات ، خاصة اذا كان جهد المكثف عند هذه اللحظة يساوى صفر فان اعلى موجة عابرة تحدث بين طرفى المكثف تساوى ضعف قيمة جهد المصدر ، كما هو واضح فى شكل (٥-٨) . توجد طرق متعددة لتقليل الموجات العابرة الناتجة من تشغيل المكثفات منها :

أ - اضافة مقاومات *(Pre-insertion resistors)*

نحصل على تقليل مقبول للموجات العابرة ولكن تزيد تكلفة المكثفات ، بالاضافة الى حدوث مشاكل حرارية اعتماداً على حجم المكثفات وتردد الموجات العابرة .

ب - اضافة ممانعات *(Pre-insertion inductors)*

نحصل على تقليل بدرجة عالية للموجات العابرة ولكن يمكن حدوث زيادة فى الجهد يصاحبها زيادة فى التكاليف .

جـ - اضافة ممانعات ثابتة *(Fixed inductors)*

تستخدم لتقليل التيارات الدفعية *(Inrush current)* وتزيد تكلفة المكثفات .

ء - مانعات الموجات العارمة *(Surge arresters)*

تستخدم المانعات للحد من الجهود الزائدة ولكن لاتقلل التيارات الدفعية .

هـ - التوصيل التزامنى *(Synchronized switching)*

تعتمد الفكرة على لحظة توصيل كل وجه من الاوجه الثلاثة لقاطع التيار الخاص بالمكثف :

(١) فى حالة مجموعة مكثفات مؤرضة *(Grounded capacitor banks)*

يكون كل وجه مستقل عن الآخر وتكون لحظة توصيل كل وجه عند نقطة التقاطع الصفرى لموجة الجهد (عندما يساوى الجهد صفر) ، وهذا يعنى ان الزمن بين توصيل وجهين للقاطع يجب ان تكون *3.3 ms* لتردد المصدر *50 HZ* اى توصيل الاوجه عند الصفر ، *1/6* دورة ، *1/3* دورة .

(٢) فى حالة مجموعة مكثفات غير مؤرضة *(Ungrounded capacitor banks)*

يوصل وجهين معاً عند زاوية اختلاف تساوى صفر ويوصل الوجه الثالث بعد زمن

$5ms$ لتردد المصدر $50HZ$ ، اى توصل الاوجه الثلاثة عند الصفر ، الصفر ، $1/4$ دورة . كما فى شكل (٥-٩) ويوضح شكل (٥-١٠) موجة الجهد عند توصيل تزامنى للمكثفات ، ومنه يتضح ميزة استخدام هذه الطريقة .

يتم التشغيل التزامنى لقاطع التيار من خلال متمم تزامنى *(Synchronizing relay)* يغذى من الدائرة الثانوية لمحولات التيار والجهد الموضحة بشكل (٥-١١).

الطرق الواجب ان تتعامل بها شركات توزيع الكهرباء مع المشتركين الذين يرغبون فى استخدام احمال غير خطية :

١ - فصل قضبان الاحمال غير الخطية (المصدرة للتوافقيات) عن قضبان باقى الاحمال

٢ - استخدام مرشحات *(Filters)* للحد من مستوى توافقيات الجهد .

٣ - تحديد نسبة الاحمال غير الخطية الى الاحمال الكلية عند المشترك بدلالة مستوى القصر عند نقطة الربط المشترك *(PCC)*

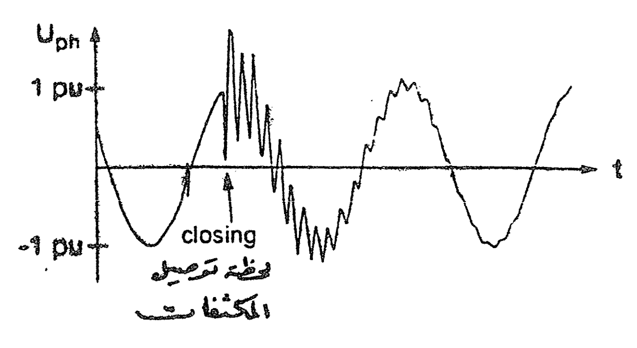
بأخذ الشكل (٥-١٢) مثال لتوضيح ذلك ، فاذا كان :

S_{max} = الحمل القصوى للمشترك (او القيمة التعاقدية مع شركة الكهرباء)

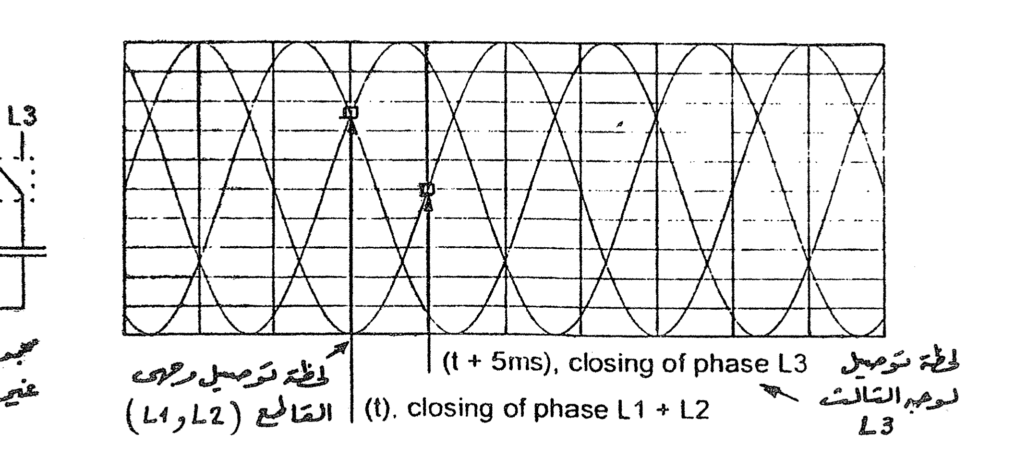
$S_{s.c}$ = مستوى القصر عند نقطة الربط المشترك *(Short circuit power)*

تحسب النسبة $\frac{S_{s.c}}{S_{max}}$ ثم باستخدام العلاقة الموضحة بشكل (٥-١٣) ، تبعاً لجهد نقطة الربط المشترك ، نحصل على النسبة $\frac{S_{N L}}{S_{max}}$ ، وهى النسبة بين الاحمال غير الخطية (S_{NL}) المسموحة للمشترك بالنسبة لحمله الكلى S_{max}.

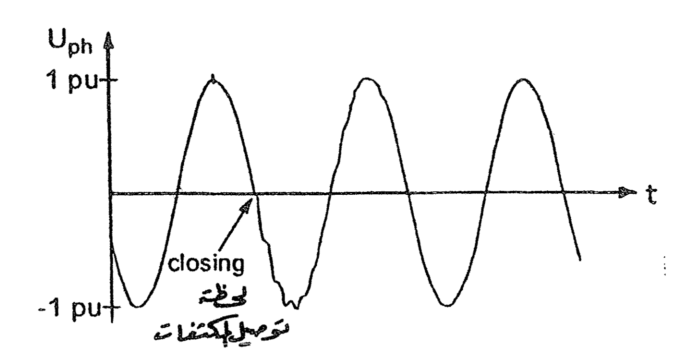
بهذه الطريقة يمكن التخطيط لعدم تعدى حد التوافقيات وذلك بالسماح لكل مشترك بحجم احمال غير خطية محددة والتى لاتسبب مشاكل او اضطرابات التوافقيات ، واذا رغب المشترك فى استخدام معدات غير خطية بسعات اكبر من S_{NL} فعليه ان يستخدم المرشحات او غيرها لحد انبعاث التوافقيات من احماله الى الشبكات الكهربائية .



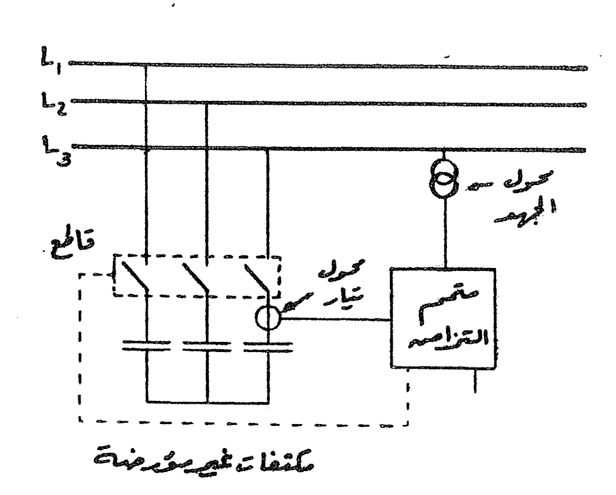
شكل (٥ - ٨) لحظة توصيل المكثفات



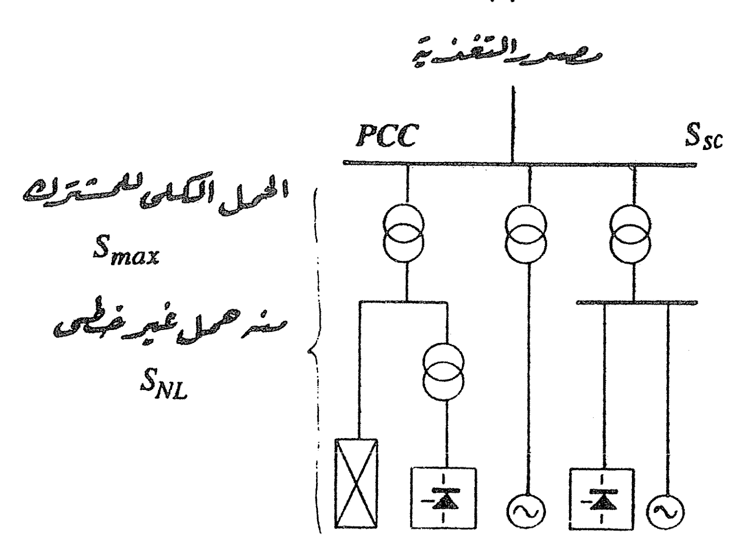
شكل (٥ - ٩) توصيل مجموعة مكثفات غير مؤرضة تزامنيًا .



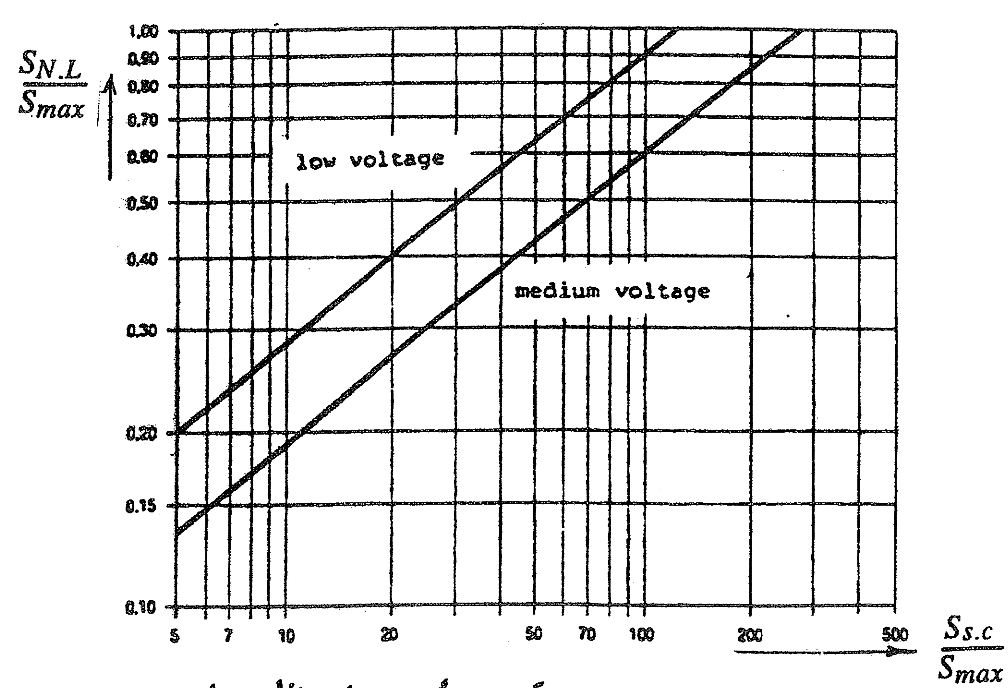
شكل (٥ ـ ١٠) شكل الموجه عند توصيل المكثفات تزامنياً



شكل (٥ ـ ١١) توصيل متمم التزامن لتشغيل المكثفات

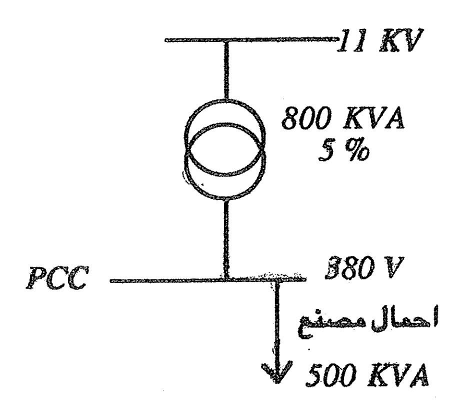


شكل (٥ - ١٢) مثال لشبكة مشترك تحتوى على أحمال غير خطية



شكل (٥ - ١٣) للحصول على قيمة الأحمال غير الخطية المسموحة بالنسبة للأحمال الكلية

مثال :



للشبكة الموضحة بالشكل احسب قيمة الحمل غير الخطي المسموح لمصنع تصل قيمة احماله القصوى الى 500 KVA

الحل :

$$S_{sc} = \frac{100}{5} \times 0.8 = 16\ MVA \text{ at bus bar } 380\ V$$

$$S_{max} = 500\ KVA$$

$$\frac{S_{sc}}{S_{max}} = \frac{16\,000}{500} = 32$$

جهد نقطة الربط المشترك PCC هو الجهد المنخفض

من شكل(٥-١٣) فان :

$$\frac{S_{NL}}{S_{max}} = 0.5$$

$$S_{NL} = 0.5 \times 500 = 250\ KVA$$

اى مسموح لهذا المشترك باحمال غير خطية تساوى 250 KVA

ملحوظة : تم فى هذا المثال اهمال معاوقة نظام التغذية على الجهود المتوسطة والعالية ومن ثم نلاحظ السماحية العالية للاحمال الغير خطية التى سوف تقل كثيراً لو اخذت المعاوقة المذكورة فى الاعتبار .

الباب السادس

مراقبة جودة التغذية

Monitoring of Power Quality

تحتاج كل من شركات توزيع الكهرباء ومستهلكى الكهرباء ان يكون جهد الشبكة مستقراً (أى ذى موجة جيبية نقية ثابتة القيمة والتردد) ، ولكن نتيجة تغذية احمال ذات خصائص معينة (مثل المعدات المحتوية على الكترونيات القوى) تظهر بالشبكة الكهربائية بعض الاضطرابات وتعرف هذه المعدات بالاجهزة الباعثة *(emissions)* لاضطرابات الجهد او التيار او المجال . وتقلل هذه الاضطرابات كفاءة وعمل بعض انواع المعدات والاجهزة الكهربائية الحساسة ، وعموماً فانه يوجد فى الشبكات الكهربائية معدات باعثة للاضطرابات واخرى تتأثر بالاضطرابات وثالثة باعثة وتتأثر بالاضطرابات . ومن الاهمية ان تتدارس شركات توزيع الكهرباء خصائص التغذية الكهربائية لمختلف المستهلكين ، وذلك عن طريق عمل قياسات وجمع البيانات والمعلومات عن المستهلكين باعثى الاضطرابات وتحديد قيمة الانبعاث ثم تقارن بمستويات التناسق المحددة عالمياً .

وطبقاً للمواصفات القياسية العالمية تعرف حدود الانبعاث ومستويات التناسق على النحو التالى :

- حدود الانبعاث *Limiting emissions*

وهى حدود قيم كل من التشوه بالتوافقيات ـ والارتعاش - وعدم اتزان الجهد ـ وتصنف المواصفات القياسية كيفية عمل القياسات المطلوبة لتقدير تأثير معدات واجهزة المستهلك على جودة التغذية الكهربائية .

- مستويات التناسق

. *Compatability level or Establishing benchmarks*

هى الكميات الاساسية التى لابد ان تثبت وتتحدد قبل تعيين حدود الانبعاث والمناعة ، وهى ايضاً القيم القياسية العالمية المحددة للقيم المسموحة لانبعاث الاضطرابات (فمثلاً قيم التشوه بالتوافقيات الزوجية او الفردية او التشوه الكلى للتوافقيات)

مع مراعاة ان كل معدة لها حد مناعة *(immunity)* وهو قيمة الاضطرابات المسموحة

عالمياً والتى تتحملها المعدة بدون حدوث مشاكل فى التشغيل او حدوث انهيار ، بمعنى آخر هو قيمة لاتتعدى القيم القياسية للاضطرابات .

الغرض من مراقبة جودة التغذية الكهربائية :

نتيجة التوسع فى تطور استخدام الكترونيات القوى فى المعدات والاجهزة للوصول الى تقنية فنية عالية بالاضافة الى تعدد واختلاف خصائص المعدات المستخدمة للطاقة الكهربائية تحدث اضطرابات بالشبكات الكهربائية تقلل من وجود التغذية لذا يلزم بصفة مستمرة مراقبة العناصر المؤثرة فى الجودة عند المستهلكين بعمل مسح للشبكة باستخدام اجهزة مراقبة الجودة وبذلك يمكن تحديد قيم الاضطرابات وانواعها ومقارنتها بقيم المناعة للاجهزة والمعدات ثم تحديد ماإذا إحتاجت الشبكة لاضافة معدات للعلاج من عدمه .

فوائد عمل المسح :

١ - معرفة خصائص جودة الطاقة الكهربائية المصدرة من شركات وهيئات توزيع الكهرباء ومقارنة القيم المقاسة للاضطرابات بقيم المواصفات القياسية العالمية ، كذلك المقارنة مع قيم مقاسة فى مناطق اخرى لها نفس الخصائص وطبيعة الاحمال ، هذا المسح يعطى مؤشر اولى لمعيار جودة الطاقة بالمنطقة التى تم بها المسح ، وذلك يساعد على إنشاء مستويات التناسق للمعدات المختلفة .

٢ - التشخيص للاضطرابات والحل الامثل لضمان جودة التغذية .

٣ - مراقبة تطور جودة التغذية (مثلاً مدى اختلاف مستويات التشوه بالتوافقيات) وربط البيانات مع نمو الاحمال واستنتاج العلاقة بينهم .

٤- معرفة خصائص وطبيعة الاحمال الموجودة فى المنطقة التى يتم مسحها .

٥- كشف تأثير تيارات التوافقيات واضطرابات جودة التغذية على مستويات جهد النظام .

العوامل المؤثرة على تحديد مكان عمل المسح :

أ - تختار عينات الدراسة من أجزاء من شبكة التوزيع تحتوى على انواع احمال متعددة وكثافة حمل *(Load density)* مرتفعة .

ب - تختار العينات لجميع مستويات الجهود الموجودة بنظام التوزيع (وذلك للتأكد من خصائص وجودة التغذية عند مستويات جهود التوزيع المختلفة)

جـ - عند استخدام اكثر من جهاز مراقبة وتسجيل لجودة التغذية فيجب ان تكون الاجهزة على دوائر مغذاه من نفس المصدر ، كما فى شكل (٦-١).

الخلاصة انه يجب عمل المسح (القياسات) لتشخيص جودة التغذية عند المستهلك وقد يتم المسح بواسطة شركات توزيع الكهرباء عن طريق قياسات تعاقدية .

يلخص جدول (٦-١) انواع الاضطرابات الممكن تواجدها بالشبكات الكهربائية .

توجد أجهزة متعددة لمراقبة وقياس وتحليل الاضطرابات فى التغذية الكهربائية وتعرف هذه الاجهزة بمرقاب جودة التغذية *(Monitor Power Quality)* .

ويوضح جدول (٦-٢) مقارنة بين القياسات المتاحة لبعض انواع المرقابات .

عموماً يمكن الحصول على بيانات الاضطرابات من المرقاب على احد هذه الصور :

١ - الرسم البيانى النسيجى *(Histogram)*

وهو يعنى رياضياً رسم بيانى مؤلف من سلسلةمن المستطيلات . كما فى شكل (٦-٢).

٢ - موجات ، كما فى شكل(٦-٣)

٣ - جداول احصائية

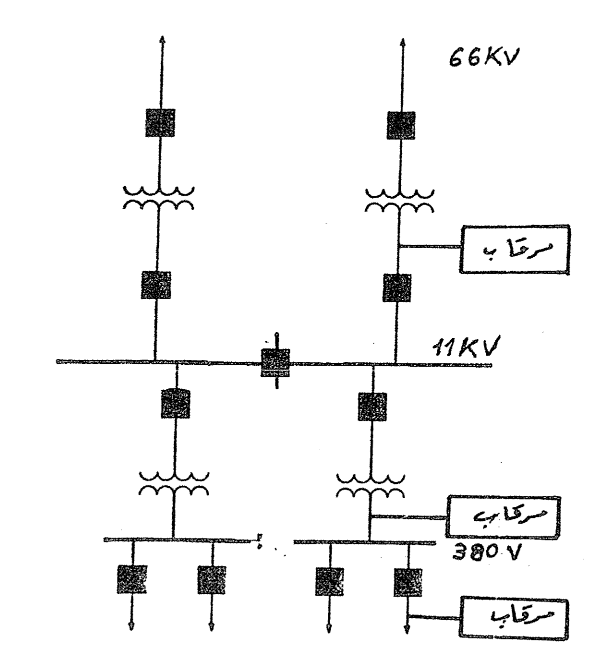
يوصل المرقاب على الدائرة او الخط الكهربائى من خلال الدوائر الثانوية لمحولات التيار والجهد او مباشرة على دائرة الجهد المنخفض وباستخدام كلامب *clamp* للتيار .

يقيس ويسجل المرقاب جميع بيانات الطاقة مثل :

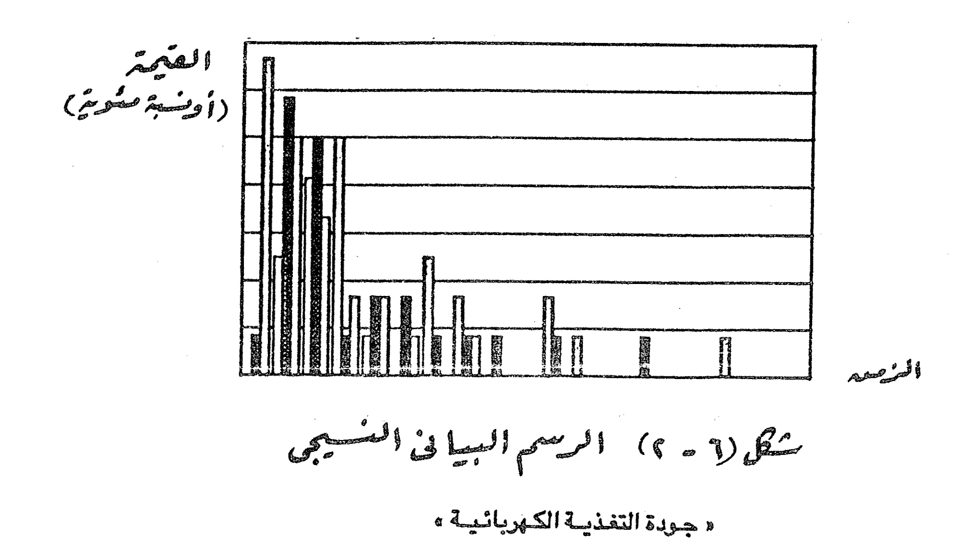
Ave. p.f, Inst. p.f , Amp, volt, KW, KVA, Kvar, HZ, KWH, kvarh

ويمكن ان يحسب ويسجل حصر احصائى او رسم بيانى نسيجى لجذر متوسط مربعات اى من هذه البيانات ، ويوضح شكل (٦-٤) شاشة المرقـاب لجذر متوسط مربعات *(rms)* الجهد بطريقة الرسم البيانى النسيجى

بالاضافة الى توافقيات الجهود والتيارات وانحدار الجهد والارتعاش ...



شكل (٦ - ١) أماكن تركيب أجهزة مراقبة وتسجيل جودة التغذية الكهربائية



شكل (٦ - ٢) الرسم البياني النسبي

جدول (٦-١) تلخيص لانواع الاضطرابات

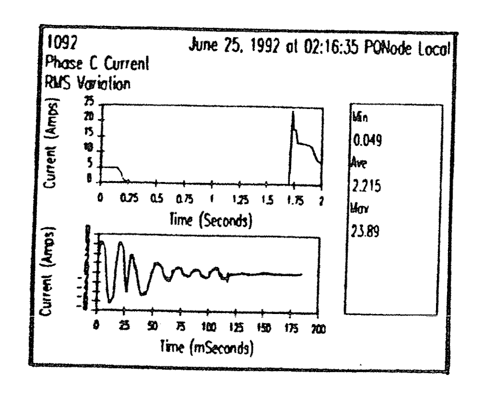
	الاضطراب	التعريف	سبب الاضطراب	التأثير	العلاج
١	انحدار الجهد *Voltage dip*	انخفاض مفاجئ فى الجهد عند نقطة فى الشبكة ، يتبعها استعادة للجهد بعد فترة زمنية صغيرة جداً تتراوح من ٥، دورة حتى دقيقة واحدة .	- اعطال على الشبكة الكهربائية - توصيل احمال عالية - اعمال الفصل والتعشيق الآلى	- ايقاف عمليات التشغيل (المحركات) - اضطرابات بمكونات الكترونيات القوى (تدمير المصهرات) - اطفاء لمبات التفريغ بالغاز لعدة دقائق.	- استخدام المعدات التى تخزن الطاقة الكهربائية : *UPS* ومكثفات . - استخدام المعدات التى تخزن الطاقة الميكانيكية : آلة دوارة بحذافة ، ماكينة ديزل - ايقاف العمليات .
	انقطاع التيار لفترة قصيرة *Short interruption*	اختفاء جهد المصدر لزمن لايتعدى ٣ دقائق للثلاثة اوجه . ويمكن اعتباره انحدار للجهد بقيمة ١٠٠٪			
	ارتخاء الجهد *Voltage sag*	اختفاء جهد المصدر لزمن لايتعدى دقيقة واحدة			
٢	التوافقيات *harmonics*	هى مركبات جيبية الموجة لموجة مركبة، ولكل توافقية تردد يساوى عدد صحيح من التردد الاساسى .	الاحمال غير الخطية مثل : - المعدات الالكترونية بالمساكن مثل التلفزيون وتكييف الهواء - الكترونيات القوى مثل الموحدات - الثيريزتورات - افران القوس الكهربى	- سخونة المحولات والمحركات - ارتفاع فى الجهد لحظياً - تشغيل غير سليم للاجهزة الالكترونية	- استخدام المرشحات للحد من وجود التوافقيات - الحد من مستوى جهد التوافقيات

تابع جدول (٦-١) تلخيص لانواع الاضطرابات

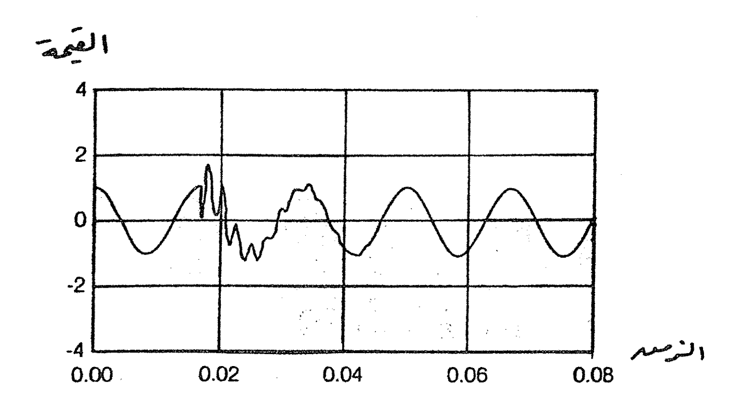
	الاضطراب	التعريف	سبب الاضطراب	التأثيـــر	العـــلاج
٣	عدم اتزان الجهد *Unbalance Voltage*	عدم تساوى قيم الجهود الثلاثة او اختلاف الزوايا بين الاوجه الثلاثة عن ١٢٠°	يرجع عدم اتزان الجهود الى كون احد الاوجه اكثر او اقل حملاً من الاوجه الاخرى مثل توصيل احمال ترام او افران تأثيرية على احد الاوجه	- انخفاض مستوى الجهد - سخونة المحركات	- موازنة الاحمال بين الثلاثة اوجه - تنويع وتعدد الاحمال
٤	الارتعاش *Flicker*	تقلب الجهد *Voltage Fluctuation* يوصف بأنه التغير الدورى لغلاف الجهد أو كأنه التغير العشوائى والمتتالى فى الجهد .	نتيجة تقلب الاحمال مثل ماكينات اللحام - بداية المحركات - افران القوس - ماكينات التصوير - مضخات التسخين .	ارتعاش فى شدة الاضاءة	حسب نوع الحمل مثلاً : اضافة مفاعل توالى مع افران القوس الكهربى .

جدول (٦-٢) مقارنة بين مرقابات مختلفة

القياسات المتاحة	مرقاب من نوع التردد المنخفض	مرقاب من نوع جودة التغذية	مراقب من نوع التردد العالى
ارتخاءات الجهد *Voltage sags*	✔	✔	✔
تيارات الداخل *Current i/ps*	✔	✔	✔
الجهود الزائدة العابرة عند التردد العالى *H.F Transient over voltages*		✔	
شكل الموجة *Wave form recording*		✔	✔
تغير القيم المقاسة عن بعد *Remotely configurable*		✔	✔
تحليل التوافقيات *Harmonics analysis*		✔	
الملخصات الاحصائية *Statistical summary*	✔	✔	
شكل الحمل وتطوره *Load profiling/Trend*		✔	
مراقبة التوافقيات طبقاً للمواصفات العالمية *IEC harmonic monitoring*		ممكن	
الارتعاش *Flicker*		ممكن	
اضافة نظام تليفون على المرقاب	✔	✔	✔



(أ) شاشة مرقاب تحتوى على جدول
بيانات وموجات



(ب) شاشة مرقاب تحتوى على موجة

شكل (٦ - ٣)

وفيمايلى امثلة لشاشات المرقاب المسجلة لانواع الاضطرابات

١ - عدم اتزان الجهد

عرف المؤتمر العالمى لشبكات الجهد العالى *(CIGRE)* عدم اتزان الجهد ، لتوصيلة نجمة Y ، بالمعادلة الآتية :

$$Unbalance = \left(\frac{3V_1}{V_1 + V_2 + V_3} - 1 \right) x\ 100$$

يمكن أن يسجل المرقاب عدم اتزان الجهد اما على شكل بيانى نسيجى كما فى شكل (٦-٥) او على شكل موجة كما فى شكل (٦-٦)

٢ - انحدارات الجهد *Voltage dips*

انقطاعات الجهد لفترة قصيرة *Short interruption*

ارتخاءات الجهد *Voltage sags*

يوضح شكل (٦-٧) موجة تحتوى على ارتخاء فى الجهد

بينما يوضح شكل (٦-٨) موجة تحتوى على انحدار وانقطاع فى الجهد

يحسب المرقاب جذر متوسط المربعات *(rms)* **للجهد كل نصف دورة ويقارن بقيمة البداية** $(90\%)V_{ref}$ **، ويخزن فترة الانحدار ، واقصى قيمة.**

ويلاحظ فى شكل (٦-٩) موجة جهد محتوية على انحدارات *(dips)* **حيث تحول الموجة الى موجات مربعة وموضحاً عليها فترة الانحدار واقصى قيمة للانحدار فى الجهد . يتم عمل تحليل احصائى لانحدارات الجهد فى فترة زمنية محددة بحيث يكون محدداً :**

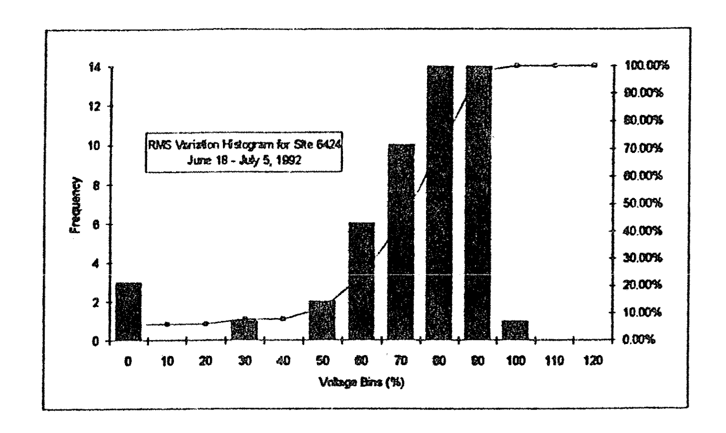
أ - فترات الانحدار *(Duration)*

10-20 ms , 20-100 ms ....

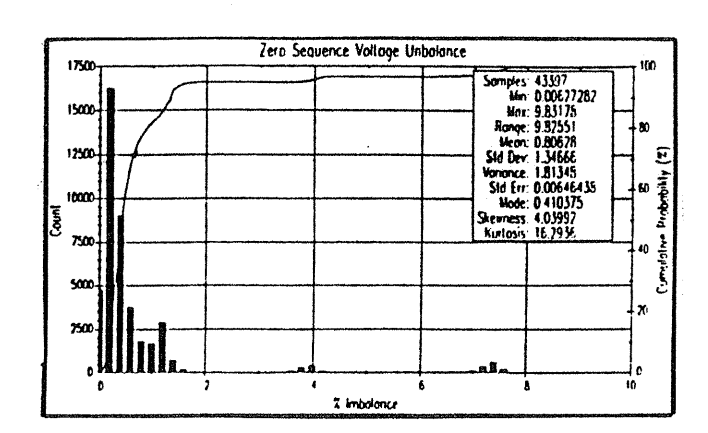
ب - عمق الانحدار *(Depth)*

10 - 15 % , 15 - 30 % ....

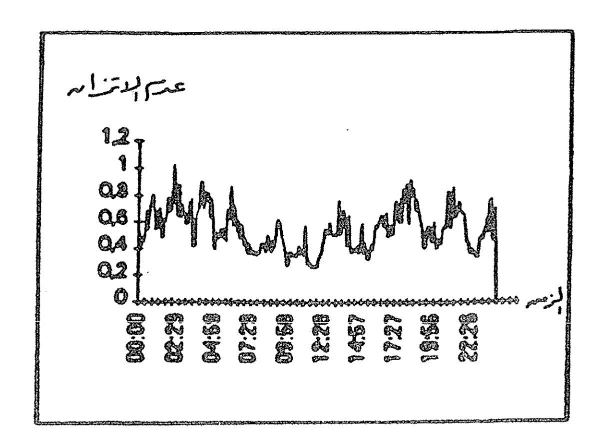
كما هو موضحاً بالجدول رقم (٦-١)



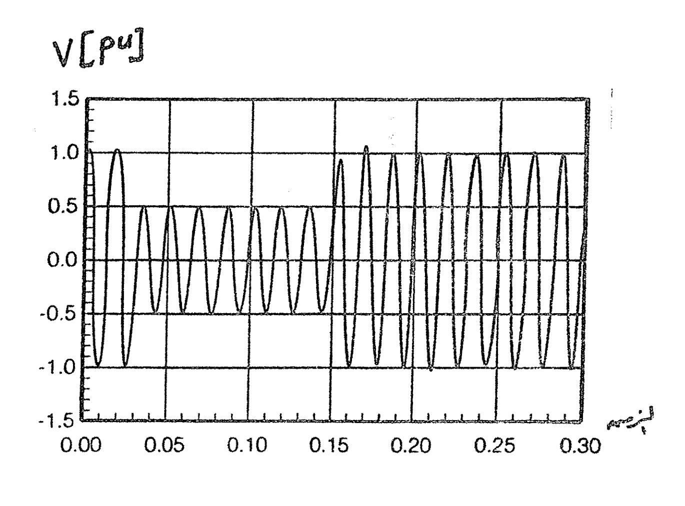
شكل (٦ - ٤) شاشة المرقاب لحصر إحصائي لقيمة
جذر متوسط المربعات (rms) للجهد



شكل (٦ - ٥) شاشة المرقاب - حصر إحصائي - لقيمة
عدم اتزان الجهد



شكل (٦-٦) شاشة المرقاب لموجة عدم اتزان الجهد



شكل (٦-٧) موجة تحتوي على ارتفاع في الجهد

ويوضح شكل (٦-١٠) شاشة المرقاب لحالة حدوث ارتخاء فى الجهد نتيجة عطل على الشبكة المركب عليها المرقاب وتحتوى هذه الشاشة على تقرير على الجانب الايمن سجل به : فترة الانحدار ـ اقل قيمة للجهد ـ القيمة المتوسطة للجهد ـ اقصى قيمة للجهد .

ويوضح جدول (٦-٢) شاشة المرقاب لتحليل احصائى لانحدارات الجهد خلال فترة زمنية ، ويبين الجدول عدد مرات حدوث الانحدار عند عمق انحدار معين خلال فترة زمنية محددة

ويبين شكل (٦-١١) شاشة المرقاب لحصر احصائى نسيجى لعدد مرات حدوث ارتخاءات فى الجهد .

ويبين شكل (٦-١٢) شاشة المرقاب لحصر احصائى نسيجى للانقطاعات اللحظية فى الجهد .

٣ - التوافقيات *Harmonics*

يستخدم المرقاب طريقة تحليل "فورير" السريع *(Fast Fourier Transform)*

حيث تحلل الموجة الدورية *(Periodic)* (مثلاً موجة الجهد $V(t)$) كالآتى :

$$V(t) = V_o + \sum_{h=1}^{\infty} V_h \sin(h\omega_o t + \phi_n)$$

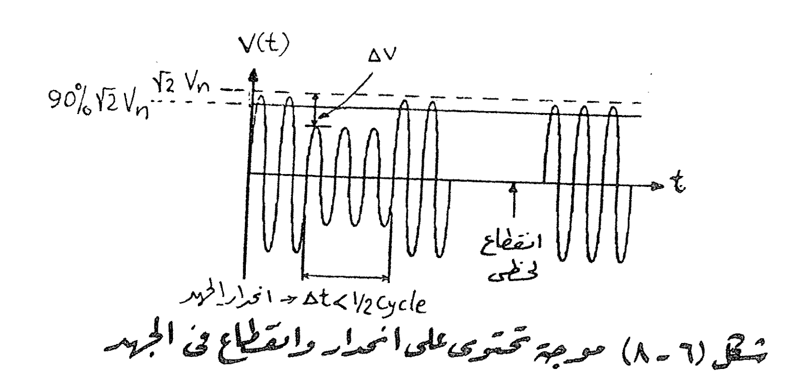
$$V(t) = V_o + \sum_{h=1}^{\infty} \left\{ a_h \sin(h\omega_o t) + b_h \cos(h\omega_o t) \right\}$$

حيث

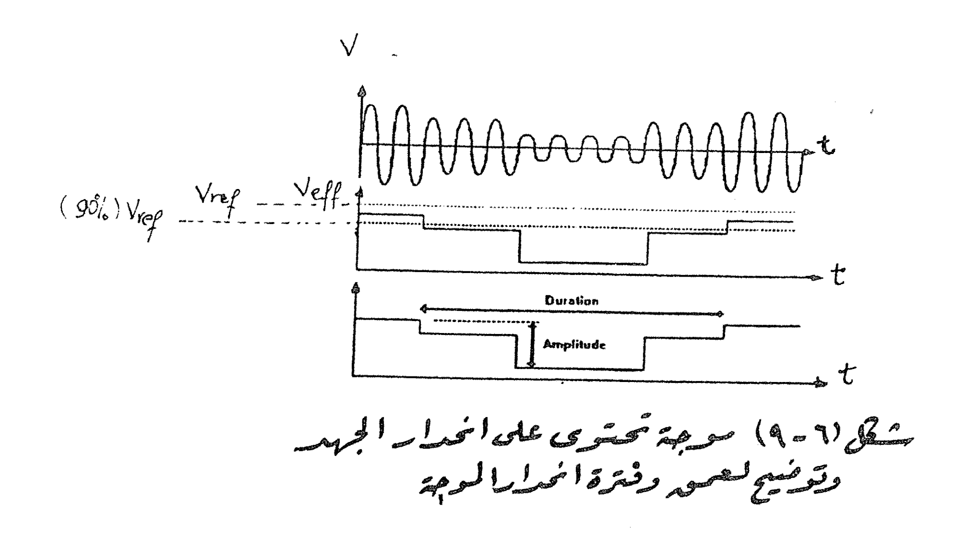
$$a_h = \frac{2}{T} \int_{t_o}^{t_o+T} V(t) \sin(h\omega_o t)\, dt$$

$$b_h = \frac{2}{T} \int_{t_o}^{t_o+T} V(t) \cos(h\omega_o t)\, dt$$

وتكون h درجة التوافقية



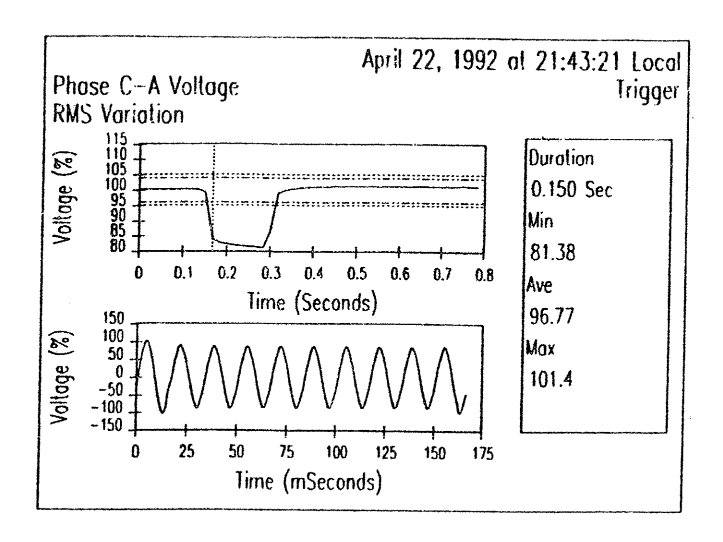
شكل (٦ - ٨) موجة تحتوى على انحدار وانقطاع فى الجهد



شكل (٦ - ٩) موجة تحتوى على انحدار الجهد
وتوضيح للعمق وفترة انحدار الموجة

فترة الانحدار / العمق	10ms to 20ms	20ms to 100ms	100ms to 500ms	500ms to 1s	1s to 3s	3s to 20s	20s to 60s	60s to 180s
10% to 15%								
15% to 30%								
30% to 60%								
60% to 99%								
100%								

جدول (٦ - ١) تحليل احصائى للعمق وفترة انحدار الموجة

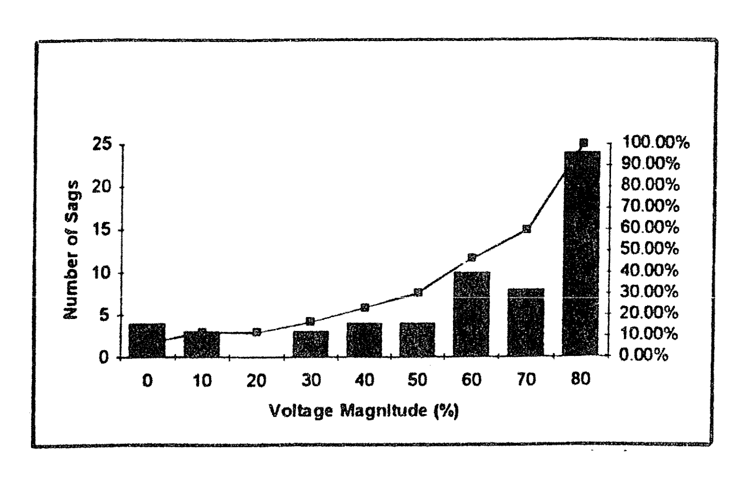


شكل (٦ - ١٠) شاشة المرقاب لحدوث ارتخاء في موجة الجهد عند حدوث عطل

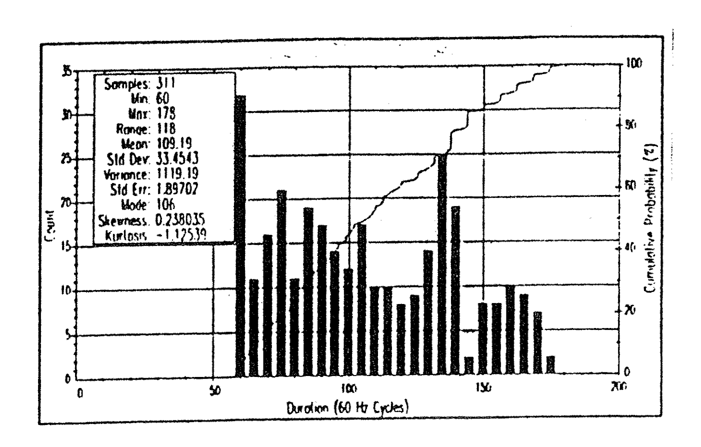
فترة زمنية

العمر	0.01	0.25	0.50	0.70	1	5	60	500	>
150 %									
130 %									
110 %		X	X	X	X	X	X	X	X
90 %		71	4	8					
70 %		20	1						
50 %		5							
8 %			5	7			6		

جدول (٦ - ٢) شاشة المرقاب لتحليل احصائي لانحرافات الجهد خلال فترة زمنية



شكل (٦ - ١١) شاشة المرقاب لحصر احصائي لعدد مرات حدوث انخفاضات الجهد



شكل (٦ - ١٢) شاشة المرقاب لحصر احصائي للانقطاعات اللحظية

يسجل المرقاب كل من البيانات الآتية :

١ - قيم توافقيات التيار والجهد عند التوافقيات المختلفة ..... $h= 1,2,3,....$

٢ - قيمة التشوه الكلى للتيار $THD\ (I)$

٣ - قيمة التشوه الكلى للجهد $THD\ (V)$

٤- نحصل على منحنى موجة التيار وموجة الجهد المشوه .

٥- رسم لقيم توافقيات التيار والجهد ممثلة بقضبان *(Bar graphs)* رأسية عند التوافقيات المختلفة (رسم بيانى نسيجى)

٦ - جدول رقمى يحتوى على جميع البيانات .

ويبين شكل (٦-١٣) شاشة المرقاب لقيمة التشوه الكلى لتوافقيات الجهد $THD\ (V)$ مسجلة على شكل موجة ـ مقاسة لاحمال سكنية .

ويبين شكل (٦-١٤) شاشة المرقاب للتشوة الكلى لتوافقيات الجهد $THD(V)$ لاحمال صناعية كما يمكن تسجيل التوافقيات على شكل رسم بيانى نسيجى ، كما فى الشكلين (٦-١٥)،(٦-١٦).

من الطرق الاخرى لتسجيل التوافقيات ، ان تحتوى الشاشة على التشوه الكلى للتوافقيات مسجلة على شكل موجة وجدول يحتوى على أقصى وادنى قيمة للتشوه الكلى كما فى شكل (٦-١٧) ، كذلك يمكن اضافة رسم بيانى نسيجى للتشوه الكلى على نفس الشاشة كما فى شكل (٦-١٨)

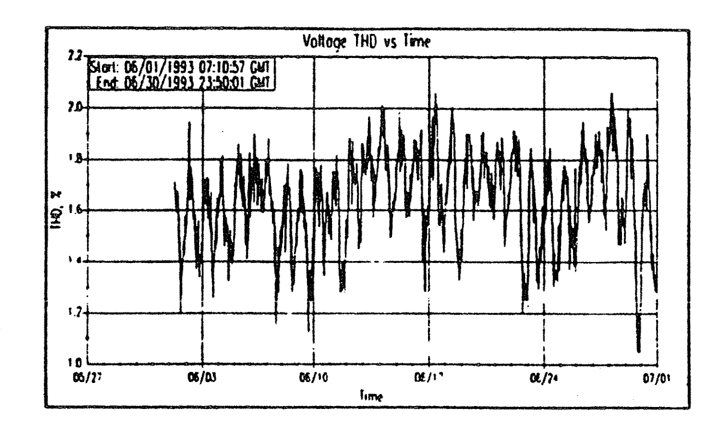
كذلك يمكن الحصول على شاشة على شكل جدول رقمى يحتوى على جميع البيانات كما فى جدول (٦-٣)

٤ - الارتعاش وتقلب الجهد *Flicker, Voltage Fluctuation*

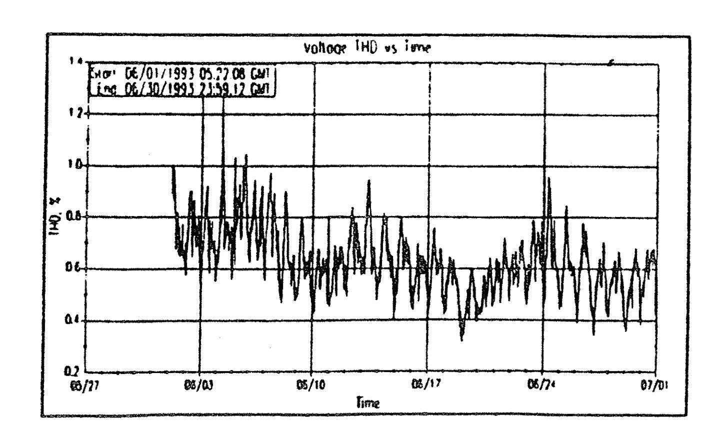
يقاس الارتعاش خلال فترة زمنية طويلة (P_{lt}) بدلالة الارتعاش خلال فترة زمنية قصيرة (P_{sti}) تبعاً للمعادلة

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{N}\sum P_{sti}^{3}}$$

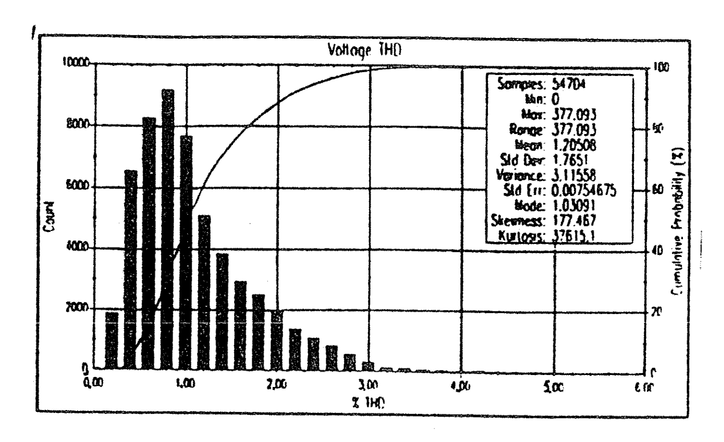
$(N=12 \qquad for\ 10\ min P_{sti}\ and\ 2\ hours\ P_{lt})$



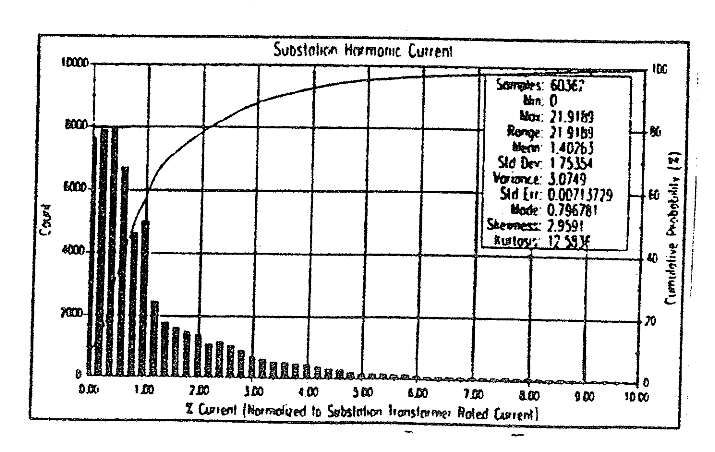
شكل (٦ - ١٣) شاشة المرقاب للتشوه الكلى لتوافقيات الجهد (V) THD لأحمال سكنية



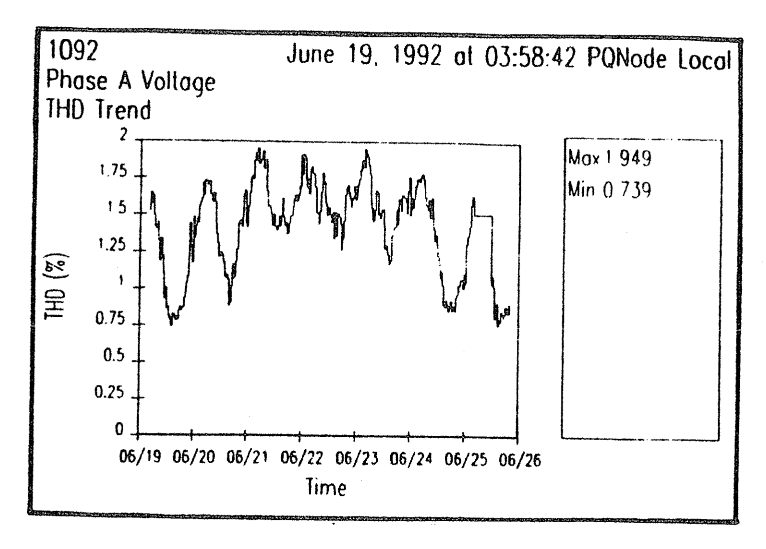
شكل (٦ - ١٤) شاشة المرقاب للتشوه الكلى لتوافقيات الجهد (V) THD لأحمال صناعية.



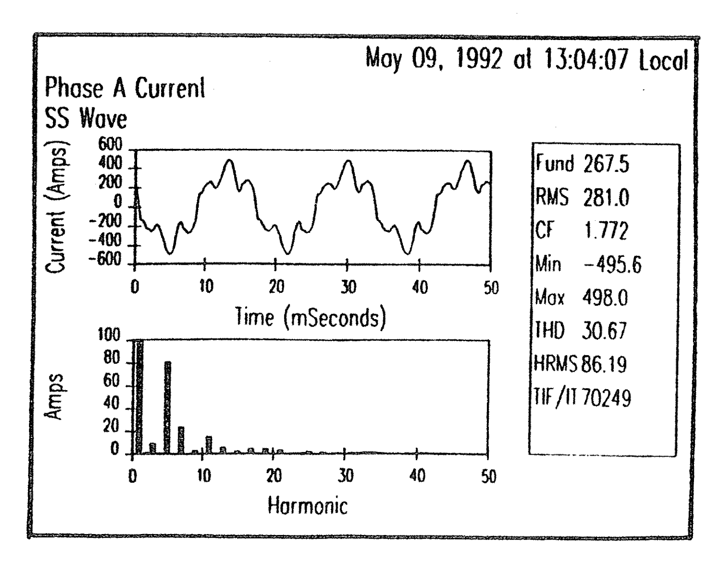
شكل(٦ - ١٥) شاشة المرقاب "احصائى للتشوه الكلى لتوافقيات الجهد"



شكل(٦ - ١٦) شاشة المرقاب "احصائى لجذر متوسط المربعات (rms) لتوافقيات التيار"



شكل (٦ - ١٧) شاشة المرقاب لبيان التوافقيات الكلية للجهد THD (V)



شكل (٦ - ١٨) شاشة المرقاب لبيان توافقيات التيار (شكل الموجة / تمثيل احصائي / جدول بيانات)

جدول (٦-٣) جدول رقمي يحتوي على جميع البيانات

```
VOLTAGE                10.04 kVrms
--------------------------------------
  Phase A-N:  10.00 kVrms,     0°(ref)
  Phase B-N:  10.06 kVrms, -120°
  Phase C-N:  10.05 kVrms,  120°
  Imbalance:   0.2%

CURRENT                 320.6 A rms
--------------------------------------
  Phase A:   104.5 A rms, -21°
  Phase B:   113.9 A rms,-142°
  Phase C:   110.2 A rms,  94°
  Imbalance:   3.0%


Phase A-N VOLTAGE:   10.00 kVrms
                      1.4 Crest Factor
                      1.1 Form Factor

Phase A CURRENT:    104.5 A rms
                      1.5 Crest Factor
                      1.1 Form Factor
```

```
Power:                564.7 kW

Fundamental freq:    50.1 Hz
```

HARM	POWER	HARM	POWER
FUND	+563.7 kW	2nd	-30 mW
3rd	-500 mW	4th	+70 mW
5th	+327.9 W	6th	
7th	-135.0 W	8th	-30 mW
9th		10th	
11th	-70.07 W	12th	
13th	-75.70 W	14th	+20 mW
15th	-100 mW	16th	-20 mW
17th	-23.35 W	18th	-10 mW
19th	-14.07 W	20th	+10 mW
21st	-20 mW	22nd	-10 mW
23rd	-4.13 W	24th	+10 mW
25th	-3.11 W	26th	+10 mW
27th	+110 mW	28th	-20 mW
29th	-1.07 W	30th	-30 mW
31st	-430 mW	32nd	+20 mW
33rd	+30 mW	34th	-40 mW
35th	-120 mW	36th	-60 mW
37th	+10 mW	38th	-70 mW
39th	-140 mW	40th	+60 mW
41st	-210 mW	42nd	
43rd	-170 mW	44th	+70 mW
45th	-40 mW	46th	
47th	-100 mW	48th	+90 mW
49th	-20 mW	50th	-70 mW
ODD	372.4 W	EVEN	200 mW

THD: 372.4 W

======================================

ويبين شكل (٦-١٩) مثال لحدوث ارتعاش فى الجهد خلال يوم نتيجة اشتغال فرن القوس ، يلاحظ ان نقط الانصهار تقابل اقصى قيم على المنحنى .

ويبين شكل (٦-٢٠) شاشة مرقاب لتسجيل جذر متوسط مربعات موجة جهد تحتوى على ارتعاش .

٥ - الجهود العابرة *Transient Voltages*

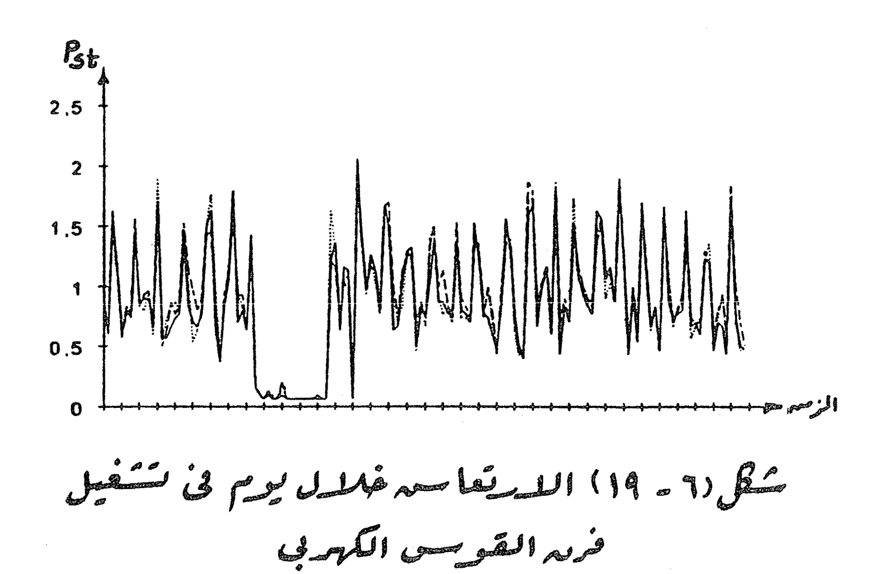
تحدث الجهود العابرة على الشبكات الكهربائية اثناء عمليات تشغيل المعدات الكهربائية (مثل المكثفات - المحولات - الخطوط - الكابلات) او من التيار الناتج من الصواعق . وعادة تصمم المعدات الكهربائية لتتحمل هذه الجهود ، ومن افضل الطرق لتسجيل هذه الظاهره هى استخدام المرقاب لتسجيل القيمة والفترة والتردد .

يبين شكل (٦-٢١) شاشة المرقاب لحصر احصائى لقيم الجهود العابرة للحدود من *1.2 pu* وحتى *1.5 pu* .

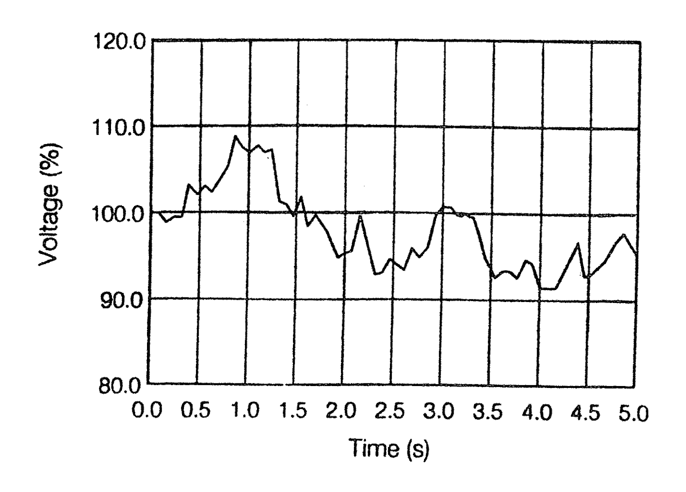
ويبين شكل (٦-٢٢) شاشة المرقاب لحصر احصائي للفترات الزمنية لحدوث الجهود العابرة .

ويوضح شكل (٦-٢٣) شاشة المرقاب لموجة جهد عابرة نتيجة لصاعقة وحدوث لحظات حدوثها .

بينما يوضح شكل (٦-٢٤) شاشة المرقاب لموجة جهد عابرة نتجت عند تشغيل المكثفات .

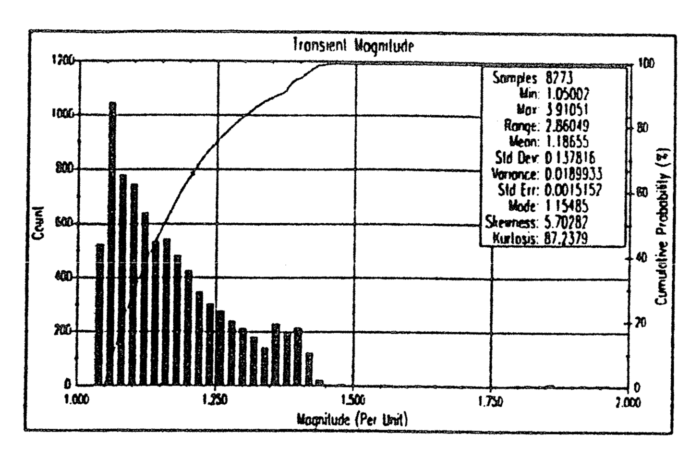


شكل (٦ - ١٩) الارتعاش خلال يوم في تشغيل فرن القوس الكهربي

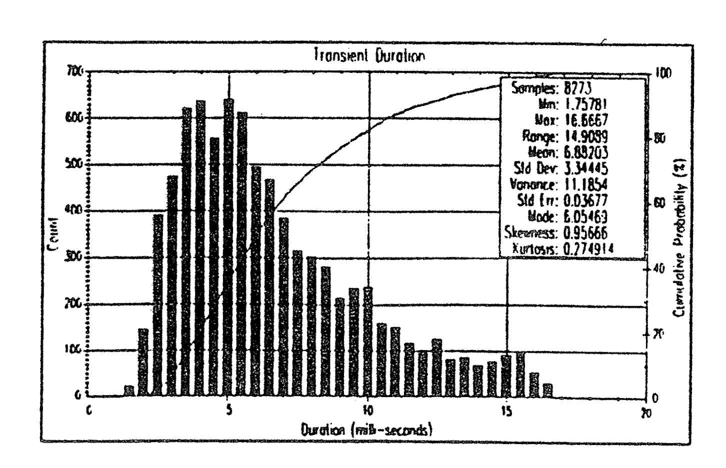


شكل (٦ - ٢٠) إرتعاش الجهد

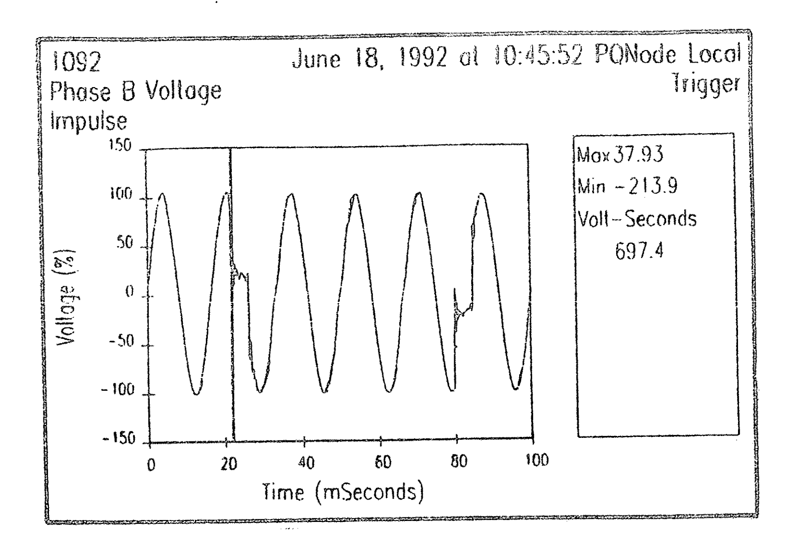
(العلاقة بين جذر متوسط المربعات للجهد (rms) والزمن)



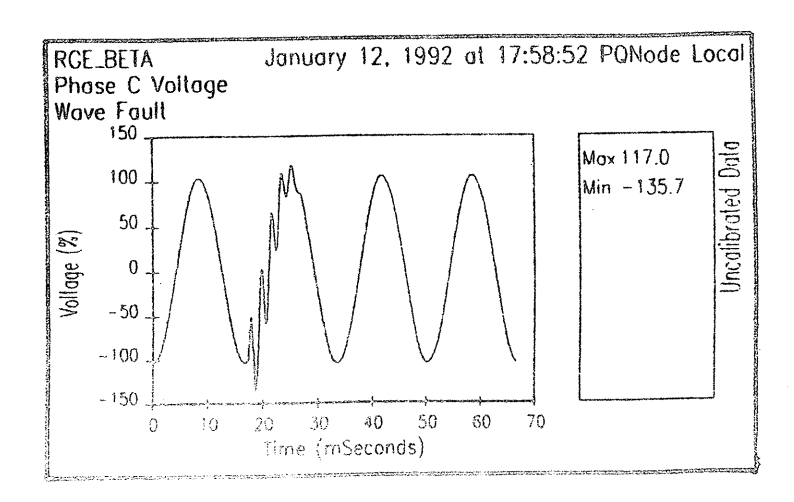
شكل (٦ - ٢١) شاشة المرقاب لحصر إحصائي
لقيم الجهود العابرة



شكل (٦ - ٢٢) شاشة المرقاب لحصر إحصائي
للفترات الزمنية لحدوث الجهود العابرة



شكل (٦ - ٢٣) شاشة المرقاب لموجة جهد عابرة نتيجة لصاعقة



شكل (٦ - ٢٤) شاشة المرقاب لموجة جهد عابرة نتجت عند تشغيل مكثف

الباب السابع

اختبارات المناعة

Immunity Tests

تصنف اختبارات المناعة تبعاً لأنواع الاضطربات كالآتى :

أ - اختبارات المناعة من الاضطرابات ذات الترددات المنخفضة

Low-frequancy disturbances

حيث تختبر مناعة شبكات الجهد المنخفض بالنسبة للاضطرابات التالية :

١ - التوافقيات *Harmonics*

٢ - التوافقيات البينية *Interharmonics*

٣ - الاشارات الرئيسية للنظام للترددات من *100 HZ* الى *150 (450) KHZ*

(Mains Signalling systems)

٤ - التقلب فى الجهد *Voltage fluctuation*

٥ - الانحدارات فى الجهد والانقطاعات ذات الزمن القصير

(Voltage dips and short interruptions)

٦ - عدم اتزان الجهد للثلاثة أوجه *(Three-phase voltage unbalance)*

٧ - التغيرات فى تردد المصدر *(Power frequancy variations)*

٨ - مركبات التيار المستمر فى شبكة التيار المتردد

(D.C component in A.C networks)

ب - اختبارات المناعة من الاضطرابات ذات الترددات العالية والعابرات المتصلة

(Conducted transient and high-frequency disturbances)

حيث تختبر مناعة المعدات الكهربائية بالنسبة للاضطرابات التالية :

١ - فجائيات الجهد لزمن *100/1300 µs* *(100/1300 µs voltage surges)*

٢ – فجائيات الجهد لزمن *1.2/50 μs* وفجائيات التيار لزمن *8/20 μs*

٣ – دفعات الجهد العابرة السريعة

Fast transients voltage bursts (nx5/50 ns)

٤ – الموجات الحلقية *Ring waves (0.5 μs/100 KHZ)*

٥ – موجات تذبذبية متضائلة *(Damped oscillatory waves)(0.1, 1MHZ)*

٦ – الجهود الحادثة ذات الترددات العالية

HF induced voltages (.01 to 1 MHZ)

٧ – اضطرابات الترددات اللاسلكية المتصلة

Conducted radio frequency disturbances

٨ – فجائيات الجهد لزمن *10/700 μs*

جـ - اختبارات المناعة من التفريغ الكهروستاتيكى

Electrostatic Discharge (ESD)

ء - اختبارات المناعة من الاضطرابات المغناطيسية *Magnetic disturbances*

حيث تختبر مناعة المعدات الكهربائية من الاضطرابات التالية :

١ – المجال المغناطيسى عند تردد المصدر *Power frequency magnetic field*

٢ – المجال المغناطيسى النابض *Pulse magnetic field*

٣ – المجال التذبذبى المتضائل *Damped oscillatory magnetic field*

هـ - اختبارات المناعة من الاضطرابات الكهرومغناطيسية

Electromagntic disturbances

حيث تختبر مناعة المعدات الكهربائية من تأثير :

المجال الكهرومغناطيسى المشع *Radiated Electromagnetic field*

و - أختبارات مناعة أخرى

حيث تختبر لكل من :

١ – جهد تردد المصدر لخطوط التحكم والاشارات .

٢ – جهد تيار مستمر *(D.C)* لخطوط التحكم والاشارات .

كانت الشبكات والاجهزة الكهروميكانيكية لاتتأثر ، فى الماضى ، بالاضطرابات الكهرومغناطيسية (الاضطرابات الكهرومغناطيسية الناتجة من الاشعاع او الكهروستاتيكية او التوصيل الكهربى) ، بينما كان تأثيرها محسوساً بالنسبة لظواهر الترددات المنخفضة مثل انقطاعات التغذية او التوافقيات . وحالياً اصبحت الاجهزة والمعدات والمكونات الالكترونية المستخدمة ذات حساسية عالية جداً لمعظم الاضطرابات وخاصة للظواهر العابرة والترددات العالية حيث يتسبب التضخم الهائل فى استخدام المكونات الالكترونية والمعدات والاجهزة فى الاداء غير السليم او خطورة الانهيارات ، فى مكونات الشبكة ، نتيجة للاضطرابات الكهرومغناطيسية او الكهربائية .

للتغلب او لتقليل هذه المشاكل ، يجب ان تصنع المعدات والاجهزة الالكترونية والكهربائية عند مستويات مناعة *(Immunity levels)* محددة ، حيث يجب ان تتحمل الاجهزة ويجاز استخدامها تبعاً لاختبارات المناعة *(Immunity Tests)*

اختيار اختبارات المناعة :

تجرى اختبارات المناعة للمعدات والاجهزة لاحد الاغراض الآتية :

– لاختبارات التصميم خلال التصنيع والإنشاءات .

– للاختبارات النوعية *(Type Tests)*

– لاختبارات القبول *(Acceptance Tests)*

يعتمد اختيار اختبارات المناعة للمعدات الخاصة على عدة عوامل منها :

– انواع الاضطرابات المؤثرة على المعدة .

– حالة البيئة

– السلوك والعول المطلوب .

- القيود الاقتصادية .

توجد ثلاثة انواع للبيئة ، تبعاً لمواقع الاستخدام للمعدات ، هى :

- معدات للانشاءات فى شبكة توزيع جهد منخفض عامة .

- معدات للانشاءات فى شبكة تغذية صناعية جهد منخفض .

- معدات للانشاءات فى الشبكات الكهربائية مثل محطات المحولات جهد عالى / جهد متوسط

وتشير حالة البيئة الى مستويات الاضطرابات .

تتم اختبارات المناعة عند مستويات الخطورة *(Severity level)* والتى تحدد تبعاً لنوع الاضطراب ، ويعرف مستوى الخطورة بأنه كمية التداخل الكهرومغناطيسى المحدد لاجراء اختبار المناعة ، وتوضح الجداول من (٧-١) أ الى (٧-١) و مستويات الخطورة عند اجراء اختبارات المناعة لجميع انواع الاضطرابات المذكورة سابقاً .

وفيما يلى توضيح اختبارات المناعة للاجهزة حيث سيتم اخضاع الجهاز ، المراد اختبارة ، لحالة الاضطرابات بقيمة تساوى مستوى الخطورة للاضطراب .

اولاً : اختبارات المناعة من الاضطرابات ذات الترددات المنخفضة

يوضح جدول (٧-١)أ انواع هذه الاضطرابات ومستويات الخطورة وفيما يلى فكرة مختصرة عن كل اختبار :

٧ - ١ اختبار التوافقيات :

الفرض من إجراء اختبار التوافقيات معرفة تأثير التوافقيات الموجودة فى شبكة الجهد المنخفض على الاجهزة والمعدات ذات الحساسية وذلك لكل الترددات ، ويكون التأثير اما انهيار للمكونات الالكترونية او سخونة زائدة بالمعدات .

يستخدم الاختبار لجميع انواع الاجهزة فى شبكات التوزيع العامة للجهد المنخفض والشبكات الصناعية والمحطات الكهربائية .

ويكون جهد الاختبار عبارة عن :

موجة جيبية متواصلة (او اكثر من موجة) لها تردد التوافقيات *(fh1 ... fhn)* مركبة

شكل(٧-١٠٢) مستويات الخطورة للاضطرابات الناتجة عن تردد الشبكة

Networks frequency related disturbances

Test		Level	Test values	Application	
				power supply	control signal
A.1.1 A.1.2 A.1.3	Harmonics Interharmonics Signal voltages		– Compatibility levels x Immunity factor (i.e. 1,2 ... 2,0)	x x x	
A.1.4	Voltage fluctuations		– Voltage steps of: $\Delta U = \pm 8$ % for public networks $\Delta U = \pm 12$ % for industrial networks	x	
A 1.5	Voltage dips and short interruptions		– Voltage dips of: $\Delta U_1 = 30$ % of U_n $\Delta U_2 = 60$ % of U_n – Short interruptions • $\Delta U = 100$ %	x	
A.1.6	Voltage unbalance		–Unbalance factor $\tau i = 2$ % $\tau i = \frac{\text{negative sequence voltage}}{\text{positive sequence voltage}}$	x	
A.1.7	Power frequency variations		– normally: + 2 % ... – 2 % – in special cases: + 4 % ... – 6 %	x	
A.1.8	D.C. in a.c. networks		(Under consideration)	x	

جدول (٧-١ ب) مستويات الخطورة لاضطرابات الترددات العالية والموجات العابرة

Conducted transient and HF disturbances

Test		Level	Test values	Application	
				power supply	control signal
A.2.1	100/1 300 µs voltage surge		1,3 x U_n — 425 V for 230 V 735 V for 400 V	x	
A.2.2	1,2/50 µs – 8/20 µs voltage – current surge	 1 2 3 4 (x)	open circuit voltage: 0,5 kVp (1); 1,0 (2); 2,0 (3); 4,0 (4) short circuit current: a) power supply CM: Z = 12 Ω, DM: Z = 2 Ω; b) control signal CM: Z = 42 Ω (x) subject to agreement	x	x
A.2.3	Fast transient bursts • 5/50 ns • 5/2,5 kHz over 15 ms • bursts period 300 ms	 1 2 3 4 (x)	open circuit voltage: 0,5 kVp (1); 1,0 (2); 2,0 (3); 4,0 (4) – power supply full values – control signal: half values (x) subject to agreement	x	x
A.2.4	Ring wave test 0,5 µs/100 kHz	 1 2 3 4 (x)	open circuit voltage: 0,5 kVp (1); 1,0 (2); 2,0 (3); 4,0 (4) – CM: full values – DM half values (x) subject to agreement	x	
A.2.5	Damped oscillatory wave • 0,1 MHz and/or 1 MHz • repetition rate 40 or 400 Hz	 1 2 3 (x)	open circuit voltage: 0,5 kVp (1); 1,0 (2); 2/2,5 (3) – CM: full values – DM: half values (x) subject to agreement	x	x
A.2.6	HF induced voltage 1 kHz ... 1 MHz	1 2 3 4 (x)	(x) subject to agreement	x	
A.2.7	Conducted RF disturbance		(Under consideration)	systems	
A.2.8	10/700 µs voltage surge		Open circuit voltage 1 kVp	Telecom/lines	

جدول (٧-١هـ) مستويات الخطورة للاضطرابات الكهروستاتيكية

Electrostatic disturbances

Test		Level	Test values contact	air	Application
A 3	Electrostatic discharges	1 2 3 4	2 kV 4 6 8	2 4 8 15	Apparatus and systems

جدول (٧-١ى) مستويات الخطورة للاضطرابات المغناطيسية

Magnetic disturbances

Test		Level	Test values		Application
A.4.1	Power frequency magnetic field continuous or pulses	 1 2 3 4 5 (x)	Continuous 1 A/m 3 10 30 100	1 .. 3 s pulses . . . A/m . . . . . . 300 1 000 subject to agreement	Apparatus and cubicles
A.4.2	Pulse magnetic field	1 2 3 4 5 (x)	. . . . 100 A/m 300 1 000 subject to agreement		Apparatus and cubicles
A.4.3	Damped oscillatory magnetic field • 0,1 and 1 MHz • repetition rate 40 or 400 Hz	1 2 3 4 5 (x)	. . . . 10 A/m 30 100 subject to agreement		Apparatus and cubicles

جدول "٧ - ١هـ" مستويات الخطورة للاضطرابات الكهرومغناطيسية

Electromagnetic disturbances

Test		Level	Test values	Application
A.5 1	Radiated electromagnetic field 26 MHz to 1 000 MHz	1 2 3 (x)	1 V/m 3 10 subject to agreement	Apparatus and systems

جدول "٧ - ١و" مستويات الخطورة لاختبارات أخرى

Various tests

Test		Level	Test values	Application
A.6.1	Power frequency voltage on control and signal lines		Under consideration	
A.6.2	D.C. voltage on control and signal lines		Under consideration	

* CM = common mode (line to ground)
** DM = differential mode (line to line)

على موجة مصدر التغذية ذات التردد 50/60 HZ

وتستخدم اى من التوصيلات الموضحة فى الاشكال (٧-١) ، (٧-٢) ، (٧-٣) لاختبار تاثير مركبات التوافقيات على الجهاز المراد اختبار مناعته *(Equipment under test)* والذى يرمز له بالرموز *(EUT)* وتستخدم التوصيلة الموضحة فى شكل (٧-١) فى حالة لاجهزة المختبرة ذات قدرة مقننة صغيرة ، حيث يتم تكبير موجة المدخل المركبة من خلال مكبر القدرة *(power Amplifier)* ، وللقدرات المقننة الاعلى تستخدم التوصيلة الموضحة بشكل (٧-٢) وتعرف هذه الدائرة بدائرة حقن التوالى *(series injection circuit)* حيث يتم تكبير التوافقيات فقط ثم جمعها مع موجة المدخل . وعند الترددات العالية تستخدم التوصيلة الموضحة فى شكل (٧-٣) وتعرف هذه الدائرة بدائرة حقن التوازى *(Parallel injection circuit)* .

ويوضح جدول (٧-٢) مستويات التناسق لتوافقيات الجهد فى شبكات الجهد المنخفض طبقاً للمواصفات القياسية *IEC 1000 - 2 - 2* .

وتختار مستويات الخطورة للاختبار باستخدام الجدول رقم (٧-١)أ وبزيادة عامل يسمى عامل المناعة *(Immunity factor)* والذى يختار بين 2 --- 1.2 ، واذا تم الاختبار بترددات توافقيات مختلفة فى نفس الوقت فإن هذا العامل ينخفض لقيمة اقل من الواحد وذلك لان الاحتمال ضعيف جداً ان تحدث جميع التوافقيات عند اقصى قيمة فى نفس الوقت مع مراعاة الا يتعدى عامل التشوه الكلى القيمة المسموحة بها قياسياً .

وتعتمد التوافقيات على خصائص الجهاز المراد اختباره *(EUT)* :

- اذا كان الجهاز *(EUT)* يستخدم لاختيار التردد *(Frequency selective)* ، مثل مستقبل التحكم فى النبضات *(ripple control reciver)* ، فان الاختبار يتم عند ترددات الاضطرابات المناسبة .

- اذا كان الجهاز *(EUT)* ذو حساسية لجميع درجات التوافقيات ، مثل المكثفات ، فانه يلزم ، نظرياً،إجراء الاختبارات عند جميع الترددات . ولكن هذا لايتم عملياً ذلك انه يمكن ان تستبدل جميع الترددات بعدد محدود من التوافقيات والتى تحدث الاضطرابات

-فى حالات معينة ، مثل اختبارات السخونة للآلات الدوارة او للمكثفات ، فان مستوى كل توافقية يخضع لتأثيرها بالتردد .

٧ - ٢ اختبار التوافقيات البينية :

الفرض من اجراء اختبارات التوافقيات البينية معرفة تاثيرها على الاجهزة والمعدات ذات الحساسية لهذه الترددات ويوجد مصدرين للتوافقيات البينية هما :

أ - الاجهزة المنتجة للتوافقيات المتفرقة *(Discrete frequencies)* مثل :

- مبدلات التردد الاستاتيكية *(Static frequency converters)*
- المبدلات الدورية *(Cyclo-converters)*

ب - الاجهزة التى لها طيف مستمر *(Continous spectrum)* مثل

- افران القوس *(Arc furnaces)*

تاثير التوافقيات البينية مماثل تاثير التوافقيات

ويحدد جهد الاختبار للتوافقيات المتفرقة كما فى حالة التوافقيات ، بينما لم يحدد حتى الآن جهد الاختبار للطيف المستمر ، حيث أنه يجب ان يكون متقلباً فى القيمة مع الزمن ، لذا نص عملياً على السماح باستخدام تمثيل مكافئ لتردد احادى .

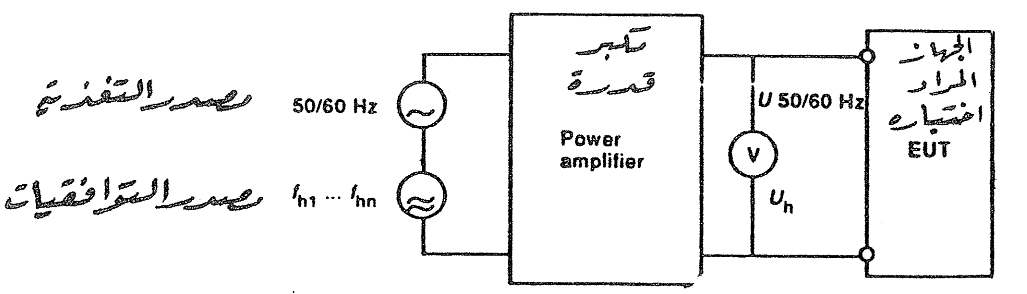
وتستخدم نفس التوصيلات الموضحة فى الاشكال (٧-١) ، (٧-٢) ، (٧-٣) للاختبار مع استبدال مصدر جهد التوافقيات بمصدر لجهد التوافقيات البينية ، وفى حالة الطيف المستمر يستبدل مصدر جهد التوافقيات بمولد الشوشرة *(noise generator)* والذى يمر مخرجه على مرشح ينتج العلاقة المطلوبة بين القيم المختلفة للترددات المختلفة .

وتتحدد مستويات الخطورة للاختبار باستخدام مستويات التناسق القياسية مضروبة فى عامل المناعة ، والذى يتراوح بين 2 - 1.2 .

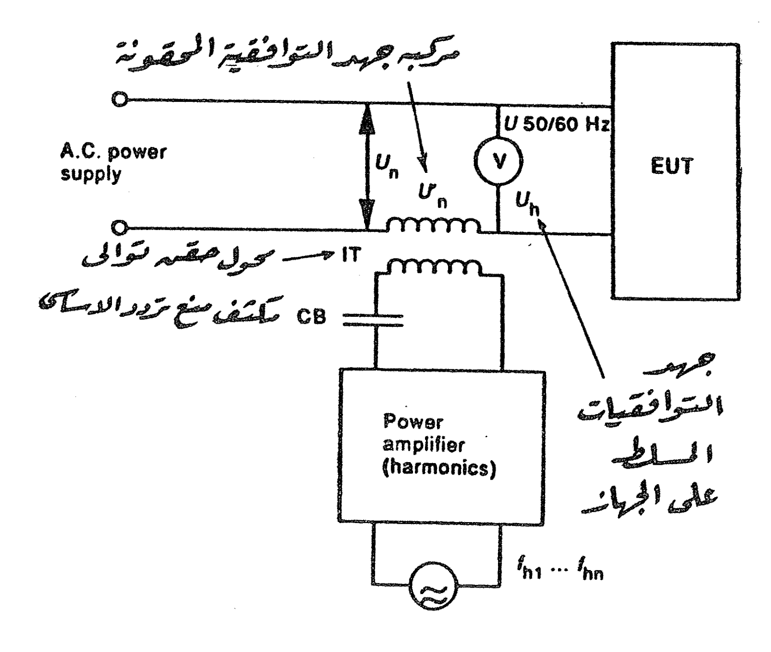
٧-٣ اختبار جهد الاشارات *(Signal voltages)*

يكون الغرض من اجراء هذا الاختبار معرفة تاثير جهود الاشارات فى شبكات الجهد المنخفض على الاجهزة ذات الحساسية لمثل هذه الاشارات ، يوجد الانواع الآتية من الاشارات :

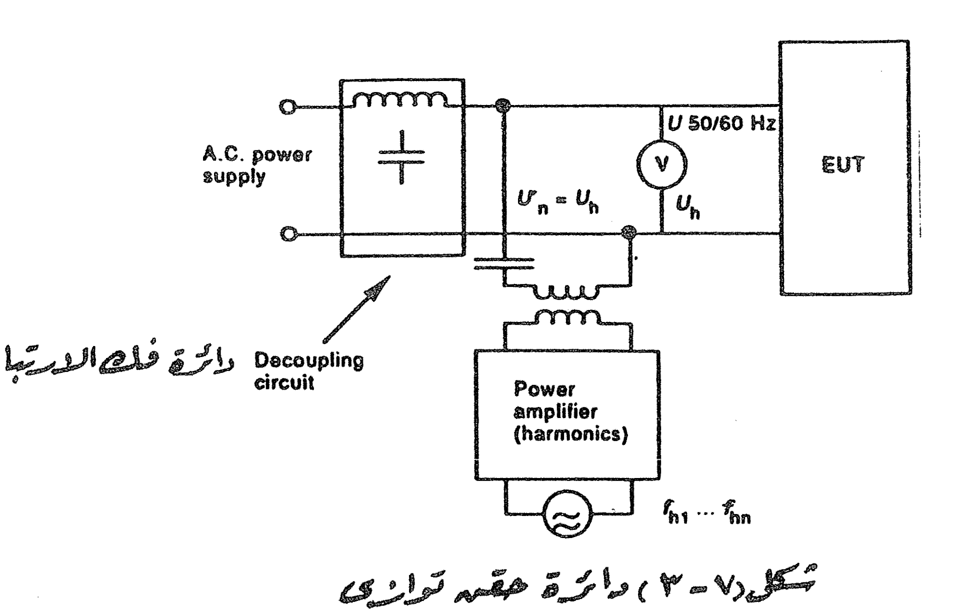
- اشارات ذات الترددات السمعية والتى تحدد فى المدى من *110 HZ* الى *2000 HZ*
- اشارات ذات الترددات المتوسطة والتى تحدد فى المدى من *3KHZ* الى *20KHZ*



شكل (٧ - ١) طريقة التوصيل فى حالة الأجهزة ذات قدرة مقننة صغيرة



شكل (٧ - ٢) دائرة حقنه توالى



شكل (٧ - ٣) دائرة حقن توازى

جدول (٧ - ٩) مستويات التناسق لتوافقيات الجهد فى شبكات الجهد المنخفض (IEC 1000-2-2)

Odd harmonics non-multiple of 3		Odd harmonics multiple of 3		Even harmonics	
Rank n	U_n %	Rank n	U_n %	Rank n	U_n %
5	6,0	3	5	2	1 2,0
7	5,0	9	1,5	4	0,5 1,0
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3,0	21	0,2	8	0,5
17	2,0	> 21	0,2	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			> 12	0,2
25	1,5				
> 25	0,2 + 0,5 25/n				
Admissible total distortion factor 8 %					

- اشارات ذات الترددات اللاسلكية والتى تحدد فى المدى من 20KHZ الى 150(500)KHZ

- علامات (mark) على منحنى الجهد الرئيسى

وتستخدم للاختبار نفس التوصيلات الموضحة بالاشكل (٧-١) ، (٧-٢) ، (٧-٣) ، فمثلاً يستخدم شكل (٧-٢) للترددات المنخفضة (مثلاً حتى 10KHZ) ويستخدم شكل (٧-٣) للترددات المتوسطة واللاسلكية .

وتتحدد مستويات الخطورة للاختبار باستخدام مستويات التناسق القياسية مضروبة فى عامل المنا- والذى يتراوح بين 1.2-2 .

٧ -٤ اختبار التقلب فى الجهد (Voltage fluctuation)

كما سبق ، فان تعريف التقلب فى الجهد هو التغيير السريع فى جهد المصدر فى حدود التغيير المقبول خلال التشغيل العادى للشبكة ، اى $\pm 10\% \ U_n$.

ويكون الغرض من هذا الاختبار هو تحديد مناعة الاجهزة ذات الحساسية للتقلب السريع فى شبكات الجهد المنخفض نتيجة التقلب فى الجهد اثناء تشغيل افران القوس او المحركات او مغيرات الجهد الآلية للمحولات . ويؤثر التقلب السريع فى الجهد على المكونات الالكترونية للحاسب الآلى والمعدات المحتوية على الالكترونيات

ويوضح شكل (٧-٤) مثالاً لتتابع التقلب فى الجهد .

ويوضح شكل (٧-٥) طريقة اختبار جهاز (EUT) والمعدات المساعدة للاختبار وهو عبارة عن مولد للتقلب فى الجهد يسلط على جهاز (EUT) .

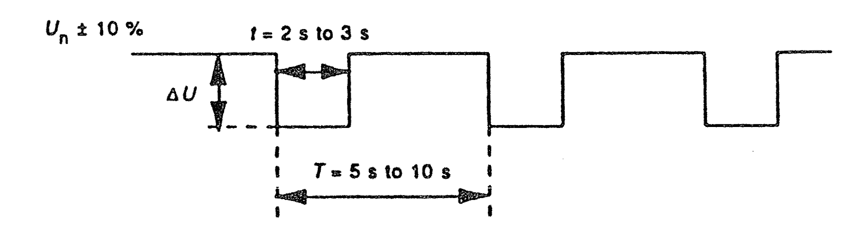
وتكون مستويات الخطورة للاختبار كالآتى :

$\Delta U = \pm (8\%) \ U_n$ بالنسبة للأجهزة بالشبكات العامة .

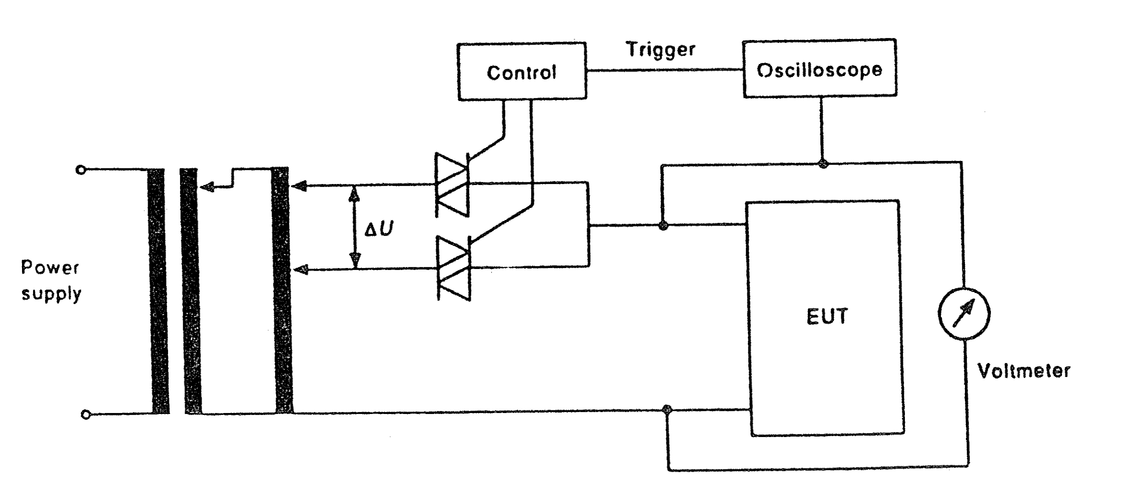
$\Delta U = \pm (12\%) \ U_n$ بالنسبة للاجهزة بالشبكات الصناعية .

حيث U_n هو الجهد المقنن للشبكة.

بالرجوع الى شكل (٧-٤)



شكل (٧ - ٤) مثال لتقلب متعاقب فى الجهد



شكل (٧ - ٥) مولد التقلب فى الجهد

يكون زمن تكرار الدورة T فى الحدود من [illegible] ثانية الى 10 ثانية

وزمن فترة تقلب الجهد (t) فى الحدود من 2 ثانية الى 3 ثانية

٧ - ٥ اختبار انحدارات الجهد والانقطاعات ذات الازمنة القصيرة

(Voltage dips and short interruptions)

تعرف انحدارات الجهد بانها انخفاض في الجهد لحد اكبر من $(10\%)U_n$ الى $(15\%)U_n$ ولفترة زمنية صغيرة (من 0.5 دورة الى 50 دورة) ، ويحدث الانقطاع عند انحدار فى الجهد بقيمة $(100\%)U_n$.

الغرض من هذا الاختبار معرفة مناعة الجهاز والتى تكون لها حساسية لانحدارات الجهد والانقطاعات . وتحدث الانحدارات فى الجهد والانقطاعات عند حدوث اعطال على شبكة الجهد المتوسط اوالمنخفض او الجهد العالى . من أمثلة تأثير هذا الاضطراب:

- فصل نقط التلامس .
- التشغيل الخاطئ لاجهزة التنظيم *(Regulating devices)*
- حمل غير سليم للمبدلات .
- ضياع البيانات بذاكرة الحاسب الآلى .

عند إجراء اختبار المناعة للانحدار فى الجهد يسلط على الجهاز المراد اختباره موجة تحتوى على انحدر فى الجهد كالموضحة فى شكل (٧-٦) وتستخدم نفس التوصيلة الموضحة بشكل (٧-٥) لاجراء هذا الاختبار .

وتختار مستويات الخطورة لاختبار المناعة للانحدار فى الجهد والانقطاعات كالآتى :

الفترة الزمنية (t)	الجهد (U)	
من 0.5 دورة الى 50 دورة	30%	الانحدارات فى الجهد
	60%	
	100%	الانقطاعات فى الجهد

المناعة للانحدارات فى الجهد اما على الثلاثة اوجه فى نفس الوقت او على وجه واحد او على وجهين فقط .

٧ - ٦ اختبار عدم اتزان الجهد للثلاثة اوجه *(Three-phase voltage unbalance)*

الفرض من إجراء هذا الاختبار هو معرفة سلوك المعدات المغذاه من شبكة ثلاثية الاوجه ذى جهد غير متزن والتى تكون حساسة لهذا الاضطراب اذ ينتج :

- سخونة زائدة للالات الدوارة (التى تعمل بالتيار المتردد)
- تولد التوافقيات فى مبدلات الكترونيات القوى

وتعرف درجة عدم الاتزان بعامل الاتزان وهو النسبة بين مركبة التتابعية السالبة للجهد (U_i) الى مركبة التتابعية الموجبة للجهد (U_d) اى ان :

$$Unbalance\ Factor = \frac{negative\ sequence\ voltage}{Positive\ sequence\ voltage}$$

$$i = \frac{U_i}{U_d}$$

يجرى هذا الاختبار للاجهزة ثلاثية الاوجه فقط

ويسلط مصدر جهد ثلاثى الاوجه على الجهاز المراد اختباره من خلال ثلاثة محولات ذاتية احادية الوجه *(Three single-phase auto-transformers)* ويكون مستوى الخطورة باضافة عامل عدم اتزان يساوى 2%

٧ - ٧ اختبار التغيير فى تردد المصدر *(Power Frequency variations)*

يجرى هذا الاختبار لمعرفة تأثير التغير فى التردد على الاجهزة ذات الحساسية لهذا التغير ، الذى يتسبب فى خطأ فى القياسات او فقد التزامن ...

يجرى هذا الاختبار على الاجهزة الاتية :

- الاجهزة التى تعمل عند تغيير كبير فى تردد المصدر .
- الاجهزة المركبة فى شبكة كهربائية صغيرة ومعزولة عن اى شبكة متصلة كبيرة .

يسلط الجهد على الجهاز المراد اختباره من مولد يتغير تردد مخرجه فى حدود ±10% مثلاً . ويجب الا يحتوى المخرج على مركبات توافقيات عالية .

وتتحدد مستويات الخطورة كالآتى :

– حدود التغير فى التردد العادى

$(f_n \pm 2\%)$ i.e 51.0 HZ to 49.0 HZ for $f_n = 50$ HZ

61.2 HZ to 58.8 HZ for $f_n = 60$ HZ

– حدود التغير فى الترددات الكبيرة (حالات خاصة)

$(f_n +4/-6\%)$ i.e 52 HZ to 47 HZ for $f_n = 50$ HZ

62.4 HZ to 56.4 HZ for $f_n = 60$ HZ

ثانيا:اختبارات المناعة من اضطرابات الترددات العالية والموجات العابرة

يوضح جدول (٧-١) ب انواع هذه الاضطرابات ومستويات الخطورة .

وفيما يلى توضيح لكل اختبار :

٧ - ٨ اختبار فجائيات الجهد والتيار لفترة زمنية *100/1300 µs*

(100/1300 µs voltage/current surge)

الغرض من هذا الاختبار هو معرفة مناعة الاجهزة او الشبكة للموجات الفجائية المتولدة عند انفجار او انصهار مصهرات ذات المقننات العالية الموجودة فى شبكة الجهد المنخفض

ويكون للفجائيات العابرة الخصائص التالية :

– نبضات احادية الاتجاه او موجات تذبذبية سريعة متضائلة .

– فترة زمنية طويلة (حتى 10ms)

– زمن صعود عالى للنبضات احادية الاتجاه (10%/90% up to 200 µs)

– قيمة منخفضة ، فقط من $2U_0$ الى $3U_n$

– محتوى طاقة عالية

ويمثل شكل (٧-٧) موجة ذات نبضة احادية الاتجاه بزمن $100/1300\ \mu s$ والتى تستخدم لاجراء هذا الاختبار . ومازال مولد الاختبار تحت الدراسة

وتتحدد مستويات الخطورة كالآتى :

قيمة الموجة الفجائية $1.3\ U_n$ وتضاف الى الموجة U_n .

مثلاً : $U_n = 230\ V \qquad U_p = 4\ 25\ V$

$= 400\ V \qquad U_p = 735\ V$

ونلاحظ قيمة U_p فى شكل (٧-٧)

٧ - ٩ اختبار فجائيات الجهد لزمن $1.2/50\ \mu s$ وفجائيات التيار لزمن $8/20\ \mu s$

الفرض من هذا الاختبار تحديد مناعة الاجهزة من الموجات العابرة الحادثة فى اتجاه واحد والناتجة عن :

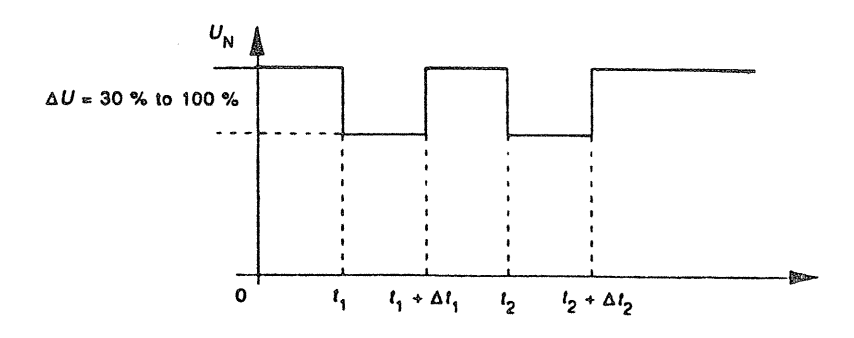
- عمليات التشغيل فى الشبكة الكهربائية (مثلا تشغيل مجموعات المكثفات)
- الاعطال الحادثة فى الشبكات الكهربائية .
- الجهود الناتجة من الصواعق .

وتكون موجات الاختبار كالآتى :

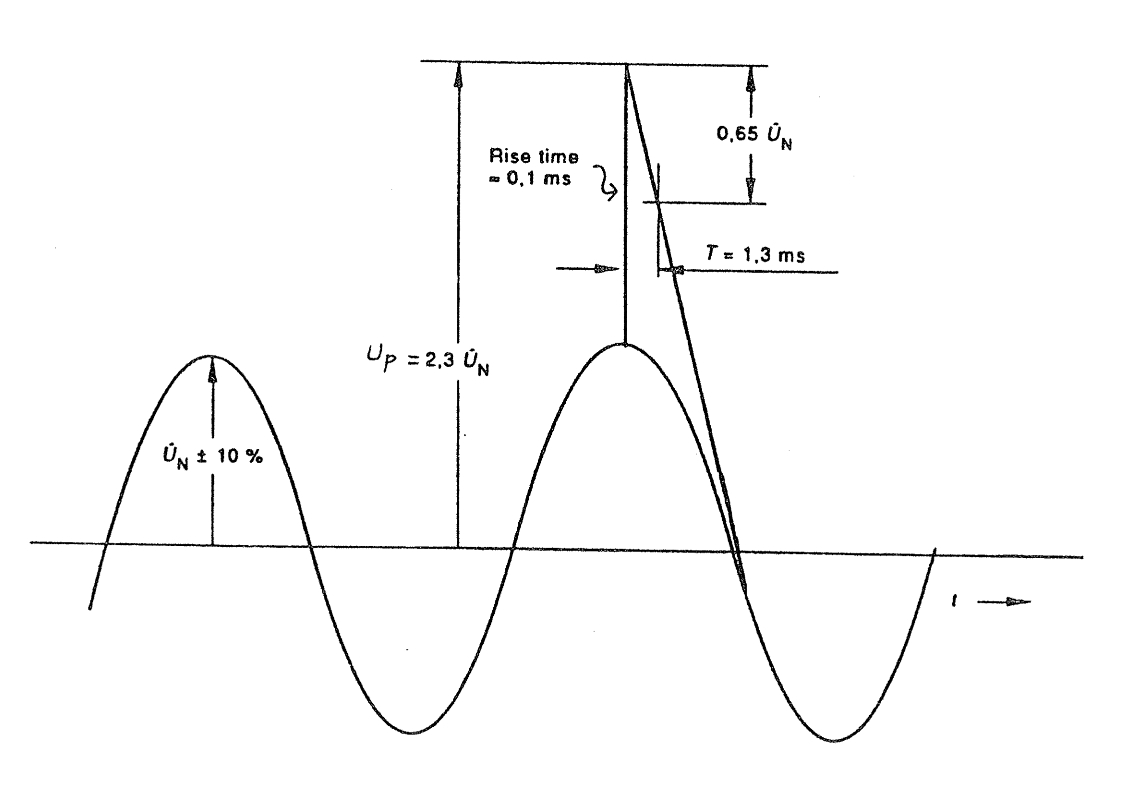
- نبضة الجهد لزمن $1.2/50\ \mu s$ باستخدام اختبار مولد الدائرة المفتوحة *(Open-circuit generator)* ويوضح شكل (٧-٨) هذه الموجة .
- نبضة التيار لزمن $8/20\ \mu s$ باستخدام اختبار مولد دائرة القصر *(Short-circuit generator)* ، والموضحة فى شكل (٧-٩)

وتكون معاوقة المصدر (اى معاوقة المولد فى هذا الاختبار) متغيرة وتختار تبعاً للآتى :

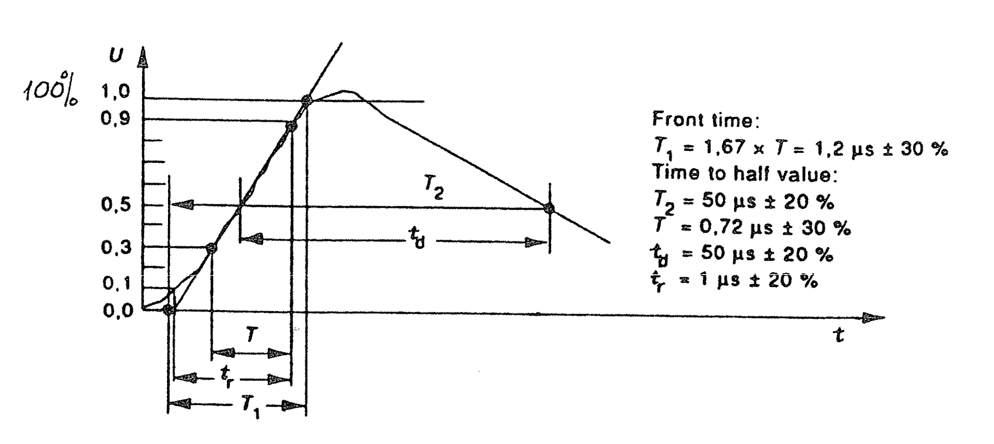
- لشبكات الجهود المنخفضة تكون المعاوقة بين وجهين تساوى تقريباً 2Ω
- لشبكات الجهود المنخفضة تكون المعاوقة بين وجه والارضى تساوى تقريباً 12Ω
- للدوائر الاخرى (القياسات والتحكم) تكون المعاوقة بين وجه والارضى تساوى تقريباً 42Ω



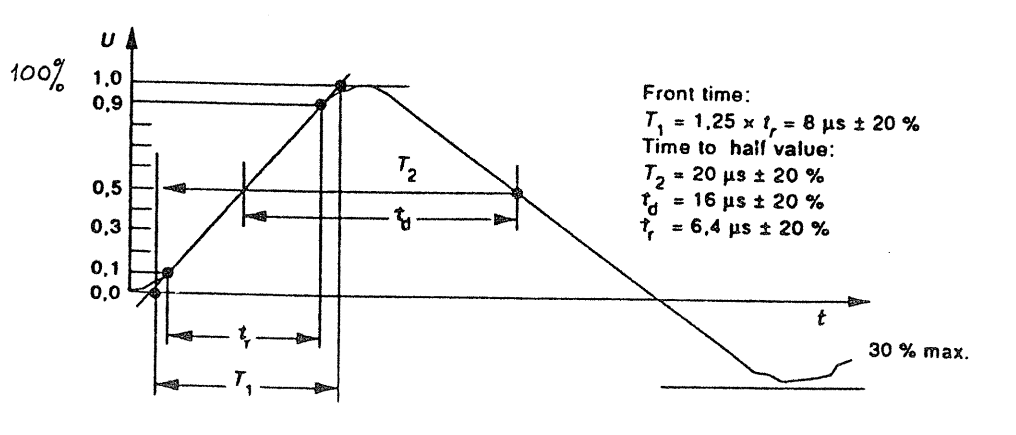
شكل (٧ - ٦) مثال لدورة اختبار تحتوى على انخفاضات فى الجهد



شكل (٧ - ٧) تمثيل لفترة نبضة طويلة



شكل (٧ - ٨) نبضة الجهد لزمن 1.2/50 µs



شكل (٧ - ٩) نبضة التيار لزمن 8/20 µs

يجرى الاختبار باستخدام الدائرة الموضحة بشكل (٧-١٠) ، والتى تحتوى على

R_c = The charging resistor — مقاومة الشحن

C_c = The energy stored capacitor — مكثف تخزين الطاقة

R_s = The pulse duration shaping resistor — مقاومة لتشكيل النبضة

R_m = The impedance matching resistor — مقاومة معاوقة المواثمة

X_m = The impedance matching inductor — محاثة معاوقة المواثمة

ويطلق على هذه الدائرة : مولد موجة مركبة *(Combination wave generator)* او مولد هجين *(Hybrid generator)* ، ويمكن بها اجراء اختبار الدائرة المفتوحة او إختبار دائرة القصر ، بالخصائص الرئيسية التالية :

- *open circuit output voltage ± 10% : 0.5 kV_p to 4 kV_p*
- *Short circuit output current ± 10% : 0.25 KAp to 2 KAp*

وبقيمة معاوقة للمولد كالآتى :

- المولد نفسة *2 ohm*
- بالمقاومات المضافة *(10 to 40 ohm) : 12 or 42 ohm*

ويمكن ان تكون القطبية *(Polarity)* اما موجبة او سالبة وزاوية الازاحة لكل حدود الزاوية 360^o بينما يكون اقصى معدل تكرار لايقل عن مرة فى الدقيقة .

يختار مستوى الاختبار تبعاً للبيئة وحالة الانشاءات المستخدمة،وقد تم تصنيف اجهزة التحكم وقياسات العمليات الصناعية الى :

- القسم . *(Class o)* بالخصائص التالية :

بيئة محمية بدرجة جيدة جداً وتكون الجهود الفجائية صغيرة جداً (اقل من او يساوى *25Vp* مثال ذلك حجرات الحاسبات الآلية المحمية بدرجة جيدة جداً .

- القسم ١ *(Class 1)* بالخصائص التالية

بيئة محمية بشكل جيد ولاتزيد الجهود الفجائية عن *500 Vp* ، مثال ذلك حجرات التحكم فى المصانع او محطات الكهرباء

- القسم ٢ (Class 2) بالخصائص التالية :

بيئة محمية ولكن اقل من القسم ا ولاتزيد الجهود الفجائية عن 1000 Vp مثال ذلك المصانع التى لاتحتوى على اضطرابات شديدة .

- القسم ٣ (Class 3) بالخصائص التالية :

بيئة ذات اضطرابات عادية ، لاتحتاج لقياسات خاصة للانشاءات ولاتزيد الجهود الفجائية عن 2000 Vp مثال ذلك مناطق المحطات الكهربائية ومواقع العمليات الصناعية والشبكات العامة بكابلات التوزيع .

- القسم ٤ (Class 4) بالخصائص التالية :

بيئة ذات اضطرابات شديدة ، ويمكن ان تصل الجهود الفجائية حتى 4000 Vp مثال ذلك محطات الجهود العالية فى الاماكن غير المحمية والشبكات العامة بخطوط هوائية للتوزيع .

- القسم x (Class x) :

بيئة خاصة .

ويوضح جدول رقم (٧-٣) مستويات الاختبار وتبعاً للتصنيف السابق حيث يجرى الاختبار على الاقل خمسة مرات لكل قطبية ويكون معدل التكرار مرة واحدة كل دقيقة .

ويتم اجراء هذا الاختبار على : أ - المعدة تحت الاختبار (EUT)

ب - النظام ككل .

٧-١٠ اختبار دفعات الجهد العابرة السريعة (Fast Transient bursts)

الغرض من اجراء الاختبار هو معرفة مدى مناعة المعدات والاجهزة لدفعات الجهد العابرة السريعة والتى تنتج من :

- تشغيل احمال حثية صغيرة ، ارتداد نقط تلامس المتمم .

- تشغيل معدات الجهود العالية خاصة ذات العزل سادس فلوريد الكبريت (SF6) او المفرغة (Vaccum) .

ويجرى هذا الاختبار على الاجهزة والمعدات المستخدمة فى المصانع وفى شبكات

توزيع الكهرباء للجهود المنخفضة وأجهزة التغذية بالتيار المتردد والمستمر ... وتستخدم الدائرة الموضحة بشكل (٧-١١) لاجراء الاختبار وتحتوى على :

R_c = مقاومة الشحن .

C_c = مكثف تخزين الطاقة .

R_s = مقاومة تشكيل النبضة .

R_m = مقاومة معاوقة الموائمة .

C_d = مكثف منع التيار المستمر *(D.C blocking capacitor)*

وتكون خصائص هذه الدائرة :

- *open - circuit output voltage : 0.25 kVp to 4 kVp*
- *Dynamic impedance : 50% ± 20%*
- *Polarity : + / -*

وتتكون موجات الاختبار من دفعات متكررة من النبضات القصيرة والموضحة فى الشكل(٧-١٢) وبالخصائص التالية :

١ – زمن ارتفاع النبضة من *10%* الى *90%* من قيمة الذروة يصل الى *(5ns ± 30%)* كما في شكل (٧-١٢) أ .

٢ – دورة النبضة من *50%* الى *50%* من قيمة الذروة يصل الى *(50 ns ± 30%)* كما فى شكل (٧-١٢) أ

٣ – تردد تكرار الدفعة يساوى *5 or 2.5 K HZ*

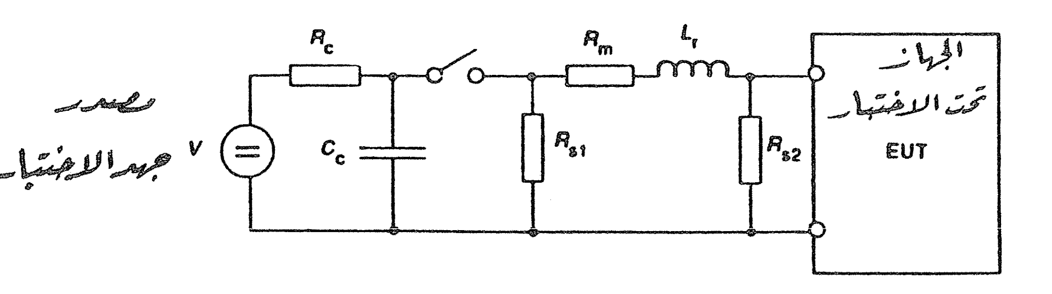
كما فى شكل (٧-١٢) ب

٤ – زمن الدفعة يساوى *15 ms*

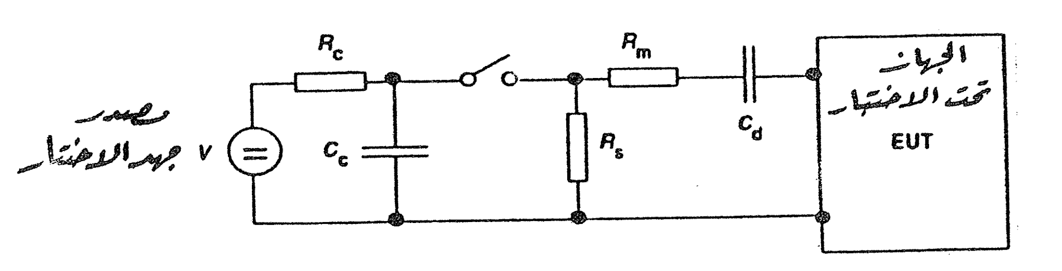
كما فى شكل (٧-١٢) ب

٥ – دورة الدفعة تساوى *300 ms*

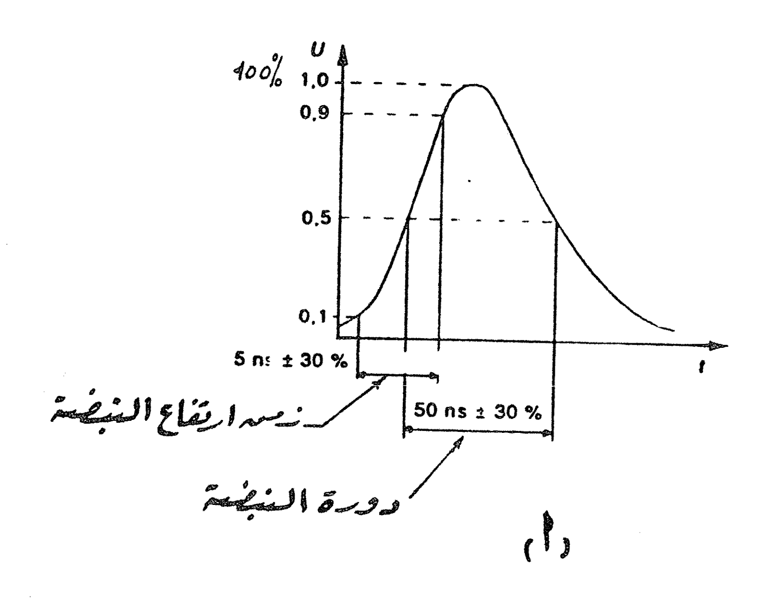
كما فى شكل (٧-١٢) ب



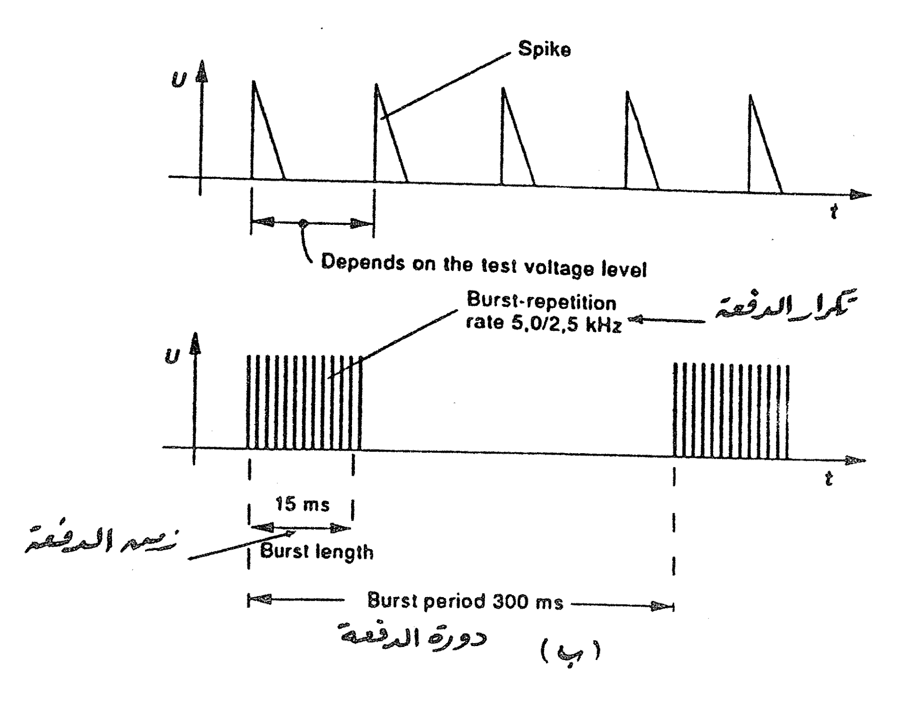
شكل (٧-١٠) الدائرة المستخدمة لإجراء اختبار
فجائيات الجهد والتيار



شكل (٧-١١) الدائرة المستخدمة لإجراء اختبار
دفعات الجهد العابرة السريعة



(أ)



(ب)

شكل (٧ - ١٢) دفعات متكررة من النبضات القصيرة

ويعتمد مستوى الخطورة لجهد الاختبار على البيئة والتى تتحدد بالمستويات الآتية

- المستوى ١

يستخدم للاجهزة المركبة فى بيئة جيدة الحماية (حجرة الآلات الحاسبة مثلاً)

- المستوى ٢

يستخدم للأجهزة المركبة فى بيئة ذى حماية عادية (مثلاً حجرات الآلات الحاسبة والتحكم بالمصانع ومحطات الكهرباء)

- المستوى ٣

يستخدم للاجهزة المنشأة فى بيئة غير محمية (مثل شبكات التوزيع العامة ومواقع المصانع ومحطات المحولات)

- المستوى ٤

يستخدم للاجهزة الموجودة فى بيئة بها اضطرابات شديدة (مثل محطات الكهرباء المعزولة بالغاز *(gas)* او المفرغة *Vaccum*)

ويوضح جدول (٧-٤) مستويات الخطورة لجهد الاختبار .

٧-١١ الاختبار بالموجات الحلقية *(Ring wave)*

او بالموجات العابرة التذبذبية *(Oscillatory Transients)*

الغرض من هذا الاختبار تحديد مناعة المعدة او الجهاز للموجات العابرة التذبذبية الحادثة فى شبكات الكابلات الارضية ذات الجهود المنخفضة بالمصانع وبالمناطق السكنية نتيجة ظواهر عمليات التشغيل .

يعتبر هذا الاختبار متمماً لاختبار الفجائيات لفترة زمنية *(1.2/50 μs)* والتى تشمل الموجات العابرة على الخطوط الهوائية ، ويكون بديلاً للموجة التذبذبية المتضائلة ذى التردد *0.1 MHZ*

تتكون موجة الاختبار من نبضة ذى زمن ارتفـاع *0.5 μs* يتبعهـا تذبذب بتردد *100 KHZ* كما فى شكل (٧-١٣)

وتستخدم الدائرة الموضحة بشكل (٧-١٤) لاجراء هذا الاختبار ، وتحتوى الدائرة على العناصر الاتية :

R_t = مقاومة الشحن

C_s = مكثف تخزين الطاقة ($0.5\ \mu F$)

C_1,L = الدائرة التذبذبية

C_2 = مكثف الموائمة ($0.005\ \mu F$)

R_1 = مقاومة الموائمة لثابت الزمن ($2.5\ \Omega$)

R_2 = مقاومة موائمة معاوقة المولد (2.5 to $25\ \Omega$)

وتكون خصائص مولد الاختبار كالآتى :

- *Open - circuit output voltage : 0.25 KVp to 4 KVp*
- *Dynamic impedance : 12 or 30 Ω*
- *Polarity : + / -*
- *Relation to power supply : asynchronous*
- *Maximum repetition rate : 6 / min*

تتحدد قيم مستويات الخطورة للاختبار كما فى جدول (٧-٥)

ويوصى بفاصل زمنى بين اختبارين لايقل عن *10 sec*

٧ - ١٢ الاختبار بالموجات التذبذبية المتضائلة (*Damped oscillatory waves*)

يحدد هذا الاختبار مناعة الاجهزة الكهربائية والالكترونية خاصة تلك المركبة فى محطات الكهرباء ذات الجهود العالية والمتوسطة او المعدات ذات العول العالى بالنسبة للموجات التذبذبية العابرة الحادثة فى دوائر الجهود المنخفضة نتيجة عمليات التشغيل والاعطال بشبكات الجهود العالية والمتوسطة .

تتكون موجة الاختبار من تذبذب متضائل بتردد بين *10MHZ, 30KHZ* (وتفضل القيم *0.1MHZ , 1MHZ*) ولها زمن ارتفاع فى البداية يساوى *75 ns*

ويوضح شكل (٧-١٥) موجة متضائلة بتردد *0.1 MHZ* وأخرى بتردد *1MHZ* ويكون معدل تكرار الموجة تقريباً *40/s* عند التردد *0.1MHZ* بينما يكون *400/s* عند التردد *1MHZ* ، وتستخدم الدائرة بشكل (٧-١٦) لاجراء هذا الاختبار وتحتوى على المكونات الآتية .

جدول (٧ - ٣) مستويات الخطوره لاختبار
فجائيات الجهد وفجائيات الزمن

Class	Line to line U_p (kV)	Line to ground U_p (kV)
0	No test	
1	–	0,5
2	0.5	1,0
3	1,0	2,0
4	2,0	4,0
x	Subject to agreement	

U_p is the open circuit voltage

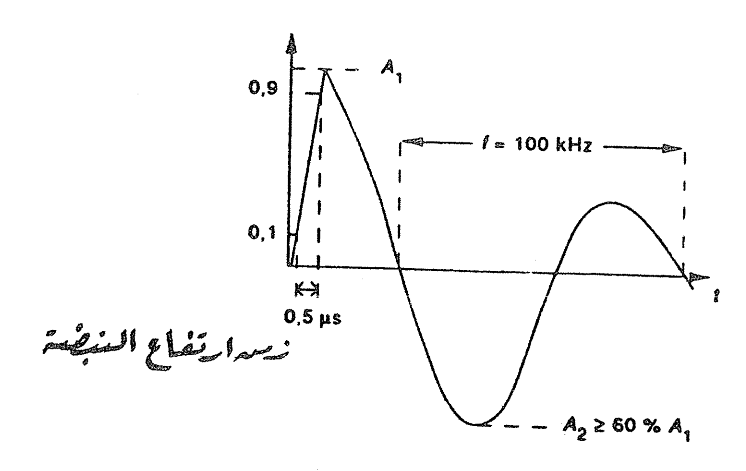
جدول (٧ - ٤) مستويات الخطورة لاختبار
دفعات الجهد العابرة السريعة

Level	Power supply earth terminal U_p kV	Repetition rate kHz
1	0,5	5
2	1	5
3	2	5
4	4	2,5
x	Subject to agreement	

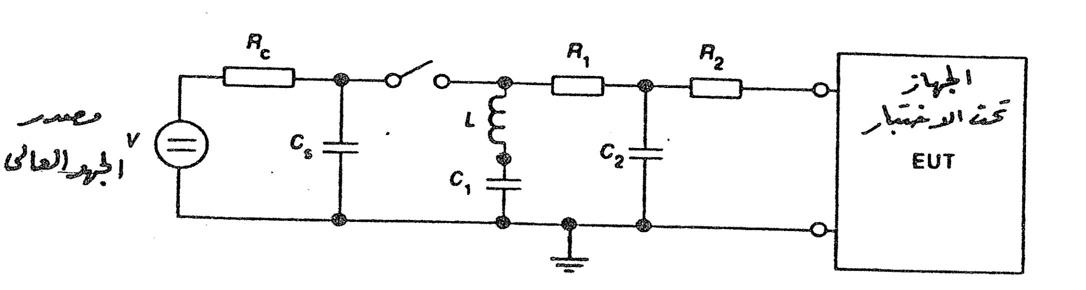
المعدات وأجهزة التحكم

Level	Input output U_p kV	Repetition rate kHz
1	0,25	5
2	0,5	5
3	1	5
4	2	5
x	Subject to agreement	

U_p (kV) is the open-circuit voltage of the generator.



شكل (٧ - ١٣) الموجة العابرة التذبذبية



شكل (٧ - ١٤) دائرة الاختبار بالموجات العابرة التذبذبية

ذات زمن 0.5µs وتردد 100 KHz

R_c = مقاومة الشحن ($200\ k\Omega$)

C_s = مكثف تخزين الطاقة ($0.15\ \mu F$)

R_{d1} , R_{d2} = مقاومتى معاوقة الموائمة (300Ω)

L_d = محاثة معاوقة الموائمة ($0.75\ \mu H$)

وتكون خصائص مولد الاختبار :

- *Frequency* : *0.1 MHZ , 1 MHZ*
- *Open circuit peak output voltage* : *0.25 KV to 2.5 KV*
- *Dynamic impedance* : *200 Ω ± 20%*
- *Polarity of the 1st half wave* : + / -
- *relation to power supply* : *asynchronous*

ويوضح جدول (٧-٦) مستويات الخطورة لجهد الاختبار .

ويكون اقل فاصل زمنى بين كل اختبارين 2 S

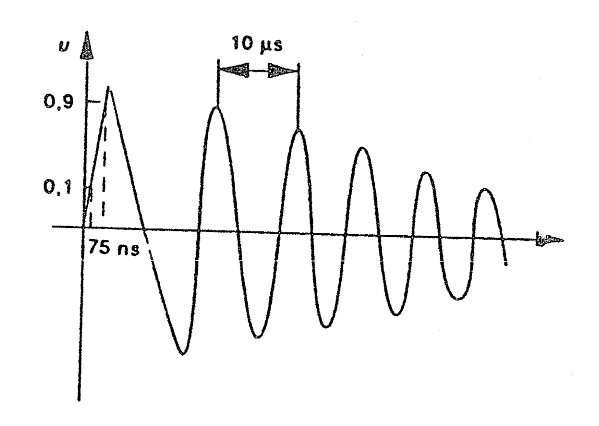
٧ - ١٣ اختبار الجهود التأثيرية ذات الترددات العالية

High-Frequency induced voltages

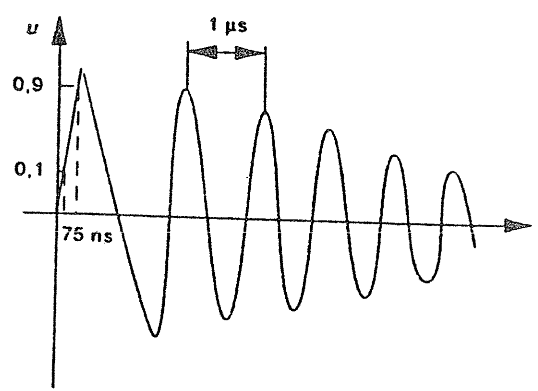
الفرض من هذا الاختبار معرفة مدى مناعة الاجهزة الالكترونية للجهود ذات الترددات العالية والتى يمكن ان تظهر على خطوط الاشارات والتحكم والتغذية (مثال ذلك الجهود المتبقية *residual* على غلاف تسليح الكابلات) . يمكن ان تكون لهذه الاضطرابات جهود مستمرة تنتج من حالات التشغيل او من الاعطال على شبكة الجهود العالية والمنخفضة والمتوسطة . وتحدث موجات عابرة تذبذبية على الدوائر الثانوية .

ويتكون جهد الاختبار من دفعات متتالية ، كل منها عبارة عن 20 موجة جيبية بتردد مختلف . حدود التردد من *0.01 MHZ* الى *1MHZ* بمعدل *0.1 decads/s* او اقل ويكون الفاصل الزمنى بين كل دفعتين *20ms* .

وتتكون خصائص مولد الاختبار كالآتى :

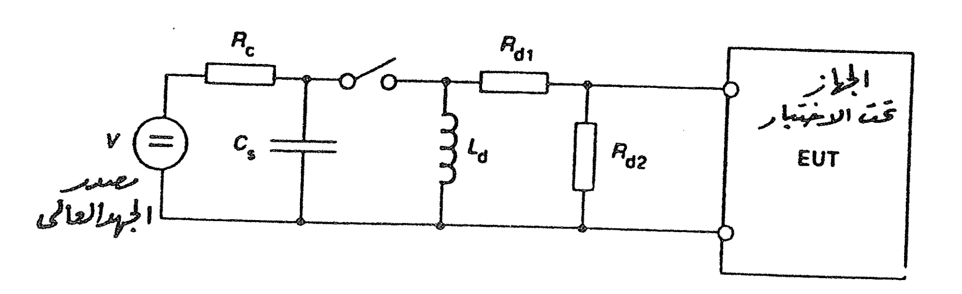


Damped oscillatory wave 0,1 MHz



Damped oscillatory wave 1 MHz

شكل (٧ - ١٥) موجة تذبذبية متضائلة بتردد 0.1 MHz وأخرى بتردد 1MHz



شكل (٧ - ١٦) مولد ذو تردد 1M Hz

- *Open circuit peak output voltage* : 100 V (max.)
- *Impedance* : 200 Ω
- *Output current* : ≥ 0.25 Ap

ويوضح جدول (٧-٧) مستويات الخطورة لجهد الاختبار

٧ - ١٤ اختبار الاضطرابات بالتوصيل ذات الترددات اللاسلكية

(Conducted radio frequency disturbances)

مازال تحت الدراسة

٧ - ١٥ اختبار فجائيات الجهد لزمن 10/700 μs *(10/700 μs voltage surge)*

الفرض من إجراء هذا الاختبار هو تحديد مناعة الاجهزة المتصلة بخطوط الاتصالات عن بعد *(Telecommunication)* ضد الاضطرابات الفجائية الناتجة مثلا من تفريغ الصواعق .

وتكون لموجة الاختبار الخصائص التالية :

- زمن ارتفاع الموجة من 10% إلى 90% = 7μs .
- مدة الموجة من 50% الى 50% = 700 μs .

وتستخدم الدائرة الموضحة بشكل (٧-١٧) لاجراء الاختبار ويكون جهد مخرج المولد من 0.5 KVp الى 4KVp ومعاوقته 40Ω

وتستخدم مستويات الخطورة التالية لجهد الاختبار :

للمعدات بالبيئة المعرضة للخطر Up ≤ 1 KV

للمعدات بالبيئة غير المعرضة للخطر والمحمية Up ≤ 4 KV

وتستخدم الفجائيات للاختبار عدد 10 مرات كل دقيقة ويتم عكس القطبية بين كل نبضتين متتاليتين .

جدول (٧ - ٥) مستويات الخطورة لجهد اختبار الموجات الحلقية

Level	Common mode A_p kV	Differential mode A_p kHz
1	0,5	0,25
2	1	0,5
3	2	1
4	4	2
x	Subject to agreement	

جدول (٧ - ٦) مستويات الخطورة لجهد الاختبار بالموجات التذبذبية المتضائلة

Level	Common mode U_p (kV)	Differential mode U_p (kHz)
1	0,5	0,25
2	1,0	0,5
3	2,0/2,5*	1,0
x	Subject to agreement	

Up is the open-circuit voltage

* 2,5 kVp in IEC 255-22-1.

جدول (٧ - ٧) مستويات الخطورة لجهد اختبار الجهود الحادثة ذات الترددات العالية

Level	Peak test voltage V
1	10
2	20
3	50
4	100
x	Subject to agreement

ثالثاً : اختبارات المناعة ضد التفريغ الكهروستاتيكى (جدول (٧-١)جـ)

Immunity Tests: Electrostatic discharges (ESD)

الغرض من هذا الاختبار تحديد مناعة الاجهزة ، مثل الاجهزة احادية الوجة ، بالنسبة للتفريغ الكهروستاتيكى (*ESD*) الحادث من :

- بواسطة المشغل (*operator*) او ملامسة المعدات .
- اقتراب الاشخاص وتلامسهم عن قرب من المعدات .

يظهر التفريغ الكهروستاتيكى من ظواهر متعددة ، مثلاً مرور الاشخاص على سجاد مصنوع من الالياف الصناعية (*Synthetic*) يؤدى الى حدوث تفريغ كهروستاتيكى ويمكن ان يصل هذا الجهد الى *15kv* اعتماداً على البيئة المحيطة ، ويمكن ان يؤدى التفريغ الكهروستاتيكى (*ESD*) الى اشتغال المعدات او انهيار دوائرها الالكترونية سواء كان ذلك بتأثير مباشر او غير مباشر .

ويوضح شكل (٧-١٨) موجة تيار التفريغ المستخدمة للاختبار والناتجة من مولد تفريغ كهروستاتيكى دائرته موضحة فى شكل (٧-١٩) والتى تتكون من :

R_c = مقاومة الشحن ($50\ M\Omega$ - $100\ M\Omega$)

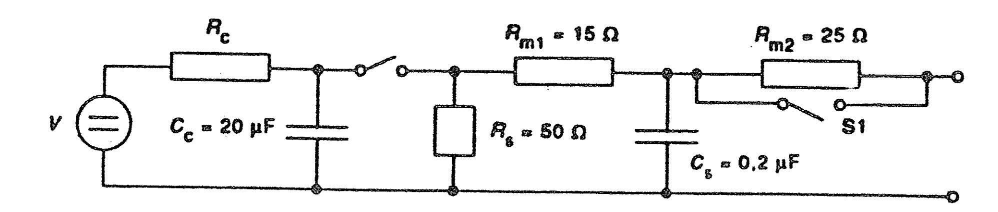
C_s = مكثف تخزين الطاقة ($150\ pF$)

R_d = مقاومة التفريغ ($300\ \Omega$)

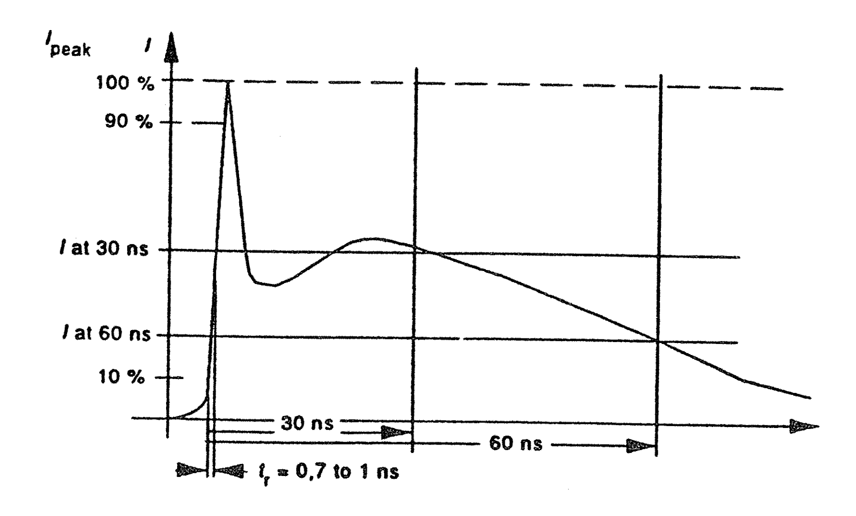
V = جهد التغذية ($16.5\ kv$)

ويسلط جهد المخرج للمولد بين الاطراف المختلفة للمعدة او الجهاز مع الارض وعلى الاقل *10* مرات بفاصل زمنى لايقل عن *1* ثانية .

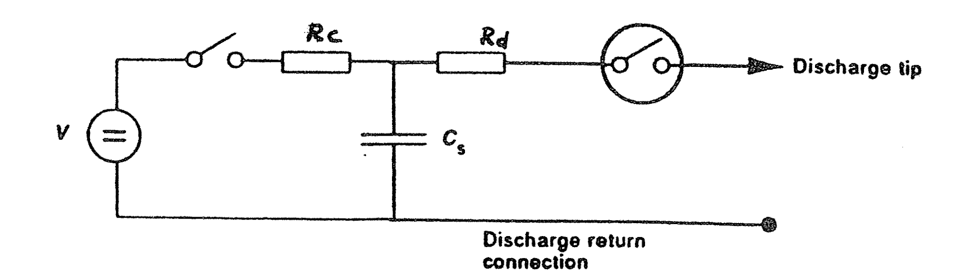
ويوضح جدول (٧-٨) مستويات الخطورة لهذا الاختبار ويفضل استخدام القيم فى جدول (٧-٨) أ بينما تستخدم القيم بجدول (٧-٨) ب اذا لم يمكن استخدام التفريغ المتصل.



شكل (٧ - ١٧) دائرة اختبار فجائيات الجهد لزمنه 10/700 µs



شكل (٧ - ١٨) موجة تيار التفريغ المستخدمة لاجراء اختبار التفريغ الكهروستاتيكى



شكل (٧ - ١٩) دائرة مولد التفريغ الكهروستاتيكى

رابعاً: اختبارات المناعة من الاضطرابات المغناطيسية(جدول (٧-١)ء)

Immunity tests : Magnetic disturbances

٧ - ١٦ اختبار المناعة من المجال المغناطيسي عند تردد المصدر

Power frequency magnetic field

المقصود بتردد المصدر لهذا الجزء هو التردد *50/60 HZ*

الغرض من هذا الاختبار تحديد مناعة الاجهزة او النظام بالنسبة للمجال المغناطيسى الناتج من التيارات ذات التردد *50/60 HZ* المارة فى الموصلات القريبة او من تأثير معدات اخرى مجاورة مثلاً التسرب الناتج من المحولات .

ويجب التمييز بين الحالتين الآتيتين :

- التيار المار أثناء حالات التشغيل العادية والذى يحدث مجال مغناطيسى مستقر ذى قيمة صغيرة نسبياً .

- التيار المار أثناء حالات الاعطال والذى يحدث مجال مغناطيسى عالى نسبياً ولكن لفترة قصيرة الى ان تستجيب متممات الوقاية (تصل هذه الفترة الى عدد قليل من المللى ثانية فى حالة المصهرات وتزيد الى *3* ثانية وحتى *5* ثانية فى حالة متممات الوقاية)

يجرى الاختبار باستخدام المجال المغناطيسى المستقر لجميع المعدات فى شبكات توزيع الجهد المنخفض الصناعية والعامة وفى محطات الكهرباء . بينما يتم الاختبار باستخدام المجال المغناطيسى العالى ذى الفترة الزمنية القصيرة (*1-3* ثانية) للمعدات الرئيسية المنشأة فى اماكن مكشوفة فى محطات الكهرباء .

ولايحتوى المجال المستخدم للاختبار على توافقيات . كما يكون متجانساً فى غياب المعدة تحت الاختبار *(EUT)* . اى يكون التغير فى شدة المجال *(Strength variation)* بين *0%-* وحتى *+50%* .

وتتكون معدات اجراء هذا الاختبار من :

- ملف حث *(Induction coil)* لاحداث مجال مغناطيسى .

- مصدر لتغذية الملف بالتيار .

- وسائل مساعدة للاختبار واجهزة قياس

وتوجد الانواع الثلاثة التالية من الملفات

١- ملف حث احادى كالموضح فى شكل (٧-٢٠) - مربع الشكل -طول ضلعه متر ويستخدم لاختبار الاجهزة الصغيرة .

٢- ملف حث مزدوج كالموضح فى شكل (٧-٢١) ويسمى هذا الملف بملف "هيلموتز" *(Helmoltz coil)* مربع الشكل - طول ضلعه متر والمسافة بين مركزى الملفين تتراوح بين *0.6 m* و *0.8m* ويستخدم لاختبار الاجهزة الصغيرة .

٣- ملفات حث احادية للمعدات الكبيرة (خلية مثلاً) كالموضح فى شكل (٧-٢٢) حيث يناسب الملف المعدة تحت الاختبار *(EUT)* ، ويجب ان يبعد الملف عن المعدة تحت الاختبار بمسافة تتراوح بين *25cm* و *30cm*

ويوضح شكل (٧-٢٣) طريقة اخرى لوضع الملفات الحثية لاجراء الاختبار.ويتكون مصدر التيار من منظم جهد *(voltage regulator)* يغذى من مصدر التغذية الكهربائية ومحول يستخدم تياره الثانوى لتغذية ملف الحث ودائرة تحكم لاجراء اختبارات المجال ذات الازمنة القصيرة . ويوضح شكل (٧-٢٤) مكونات مصدر التيار .

ويتراوح تيار المخرج فى حالة اختبار المجال المغناطيسى المستقر من *1A* الى *100A* مقسوماً على عامل الملف *(coil factor)* ويتراوح من *300A* الى *1000A* مقسوماً على عامل الملف فى حالة اختبار المجال ذات الازمنة القصيرة والتى يضبط زمن سريان التيار بين *1* ثانية الى *3* ثانية .

ويوضح جدول (٧-٩) مستويات الخطورة لتيار اختبار المجال المغناطيسى .

٧-١٧ اختبار المجال المغناطيسى الدفعى *(Pulse Magnetic field)*

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد مناعة المعدات بالنسبة للمجالات المغناطيسية المتولدة عند حدوث صواعق ويجرى الاختبار على المعدات والاجهزة الالكترونية الموجودة فى محطات الكهرباء ، وفى حالات خاصة يجرى الاختبار لمعدات شبكات التوزيع .

وتنشأ موجة المجال المغناطيسي عن موجة تيار بفترة زمنية *8/20 μs* تمر بملف

الحث . وتستخدم نفس الطرق الموضحة فى الاشكال (٧-٢٠) ، (٧-٢١) ، (٧-٢٢) ويغذى ملف الحث بالتيار من مولد النبضات (*pulse generator*) المستخدم لاجراء اختبار فجائيات الجهد والتيار والموضح بشكل (٧-١٠) وتراعى مستويات الخطورة لقيم الاختبار الموضحة بجدول (٧-١٠) ويجب ان تختبر المعدة بعدد 5 نبضات لكل قطبية على الاقل .

٧ - ١٨ أختبار المجال المغناطيسى التذبذبى المتضائل

(Damped oscillatory magnetic field)

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد مناعة المعدات بالنسبة للمجال المغناطيسى التذبذبى المتضائل الحادث عند تشغيل السكاكين العازلة (*Isolators*) بشبكات الجهود العالية فى المحطات الكهربائية ويجرى هذا الاختبار للمعدات الالكترونية الموجودة فى محطات الكهرباء .

تكون موجة مجال الاختبار عبارة عن موجة تذبذبية متضائلة تمر فى ملف الحث وبالخصائص الآتية :

- *Oscillatory frequency : 0.1 MHZ and 1 MHZ* — التردد التذبذبى
- *damping 50% of the peak value after 3 To 6 cycles* — التضائل
- *repetition rate : 40/400 per second* — معدل التكرار

وتستخدم نفس الطرق الموضحة فى الاشكال (٧-٢٠) ، (٧-٢١) ، (٧-٢٢) لملفات الحث ويغذى ملف الحث من مولد تيار تذبذبى عند مستويات الخطورة لقيم التيار الموضحة بجدول (٧-١١) وتكون فترة الاختبار ثانية واحدة .

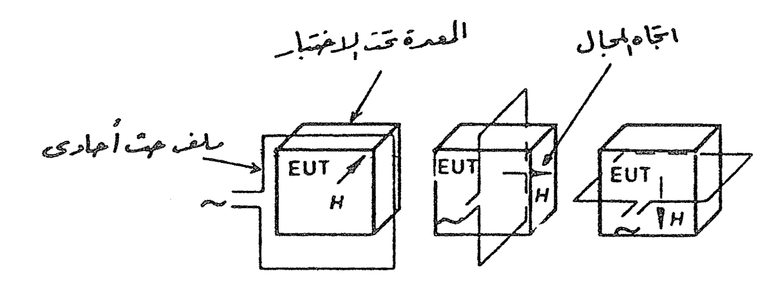
خامساً : اختبارات المناعة ضد الاضطرابات الكهرومغناطيسية (جدول (٧-١) هـ)

Immunity Tests : Electromagnetic Fields

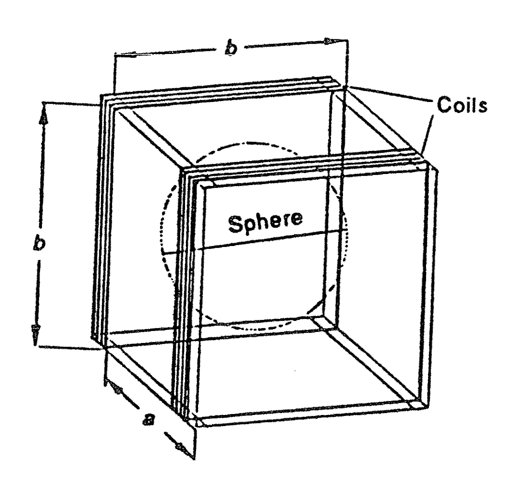
٧-١٩ اختبار المجال الكهرومغناطيسى المشع

Radiated Electromagnetic Fields

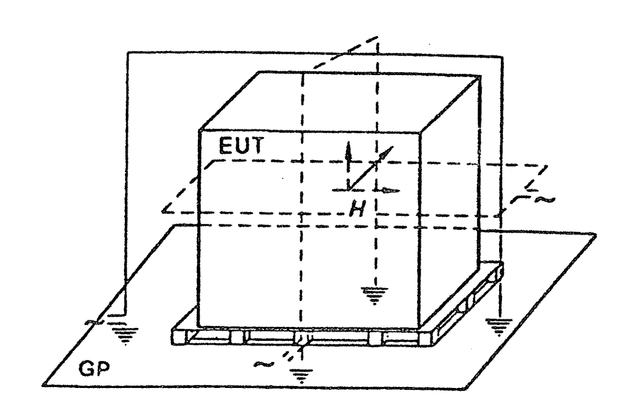
الغرض من اجراء هذا الاختبار هو معرفة مناعة المعدات (مثل الاجهزة الاحادية



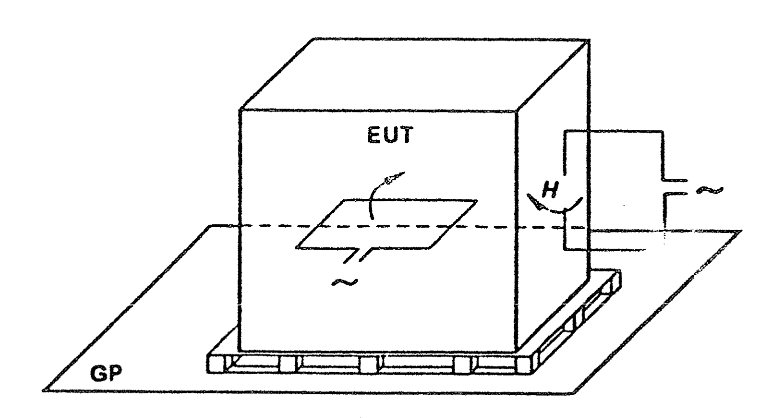
شكل (٧ - ٢٠) ملف حث أحادى للمعدات الصغيرة



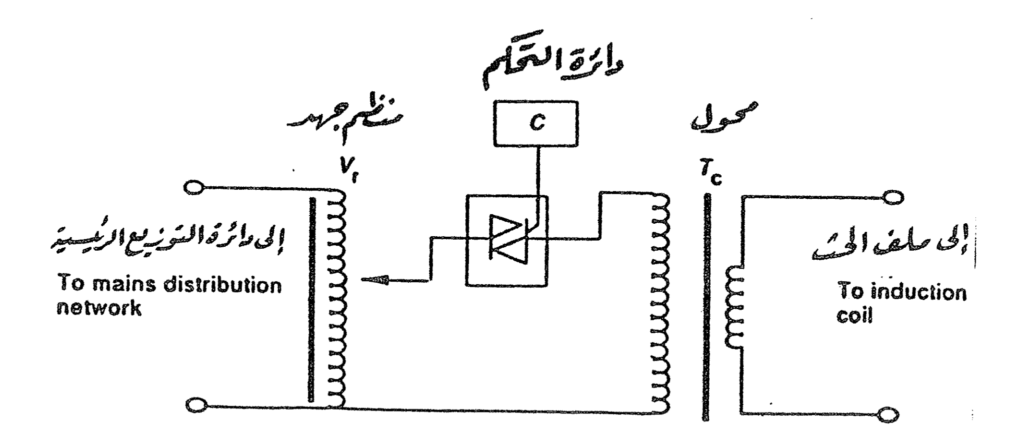
شكل (٧ - ٢١) ملف حث مزدوج



شكل (٧ - ٢٢) ملف حث أحادى للمعدات الكبيرة



شكل (٧-٢٣) مثال لاستخدام ملفات حث أحادية لمعدة كبيرة



شكل (٧-٢٤) دائرة اختبار المناعة ضد المجال المغناطيسي

جدول (٧ - ٨) مستويات الخطورة لجهد اختبار التفريغ الكهروستاتيكي

Level	Test voltage contact discharge kV
1	2
2	4
3	6
4	8
x	special

« أ »

Level	Test voltage air discharge kV
1	2
2	4
3	8
4	15
x	special

« ب »

جدول (٧ - ٩) مستويات الخطورة لتيار اختبار المجال المغناطيسي

Level	Continuous field A/m	Short duration 1 s to 3 s A/m
1	1	–
2	3	–
3	10	–
4	30	300
5	100	1 000
x	Subject to agreement	Subject to agreement

الوجه او الشبكات) بالنسبة للمجالات الكهرومغناطيسية المتولدة من نقل الترددات اللاسلكية ، أو أية اجهزة اخرى تسبب انبعاث موجات طاقة كهرومغناطيسية مشعة.يجب ان يكون مجال الاختبار متجانس عند التردد وشدة المجال المطلوب .

ويتكون مولد الاختبار اساساً من :

- مصدر مجال متجانس .
- مصدر اشارة *(Signal)* بمكبر .
- هوائى *(Antenna)*
- اجهزة قياس .

ويوضح جدول (٧-١٢) مستويات الخطورة لشدة مجال الاختبار .

ويختار مستوى الخطورة تبعاً لنوع القسم كالآتى :

- القسم ١ *(Class 1)*

مستوى منخفض للمجال الكهرومغناطيسي المشع مثل المجالات الناتجة من محطات التليفزيون / اللاسلكى المحلية والتى تبتعد اكثر من *1km* والمجالات ناتجة من مرسلات مستقبلات ذات قدرة منخفضة *(Low-Power transceivers)*

- القسم رقم ٢ *(Class 2)*

مجال كهرومغناطيسى مشع معتدل مثل المجال الناتج من مرسلات مستقبلات محمولة وتكون قريبة من المعدات والاجهزة (لاتقل مسافة الاقتراب عن *1m*)

- القسم رقم ٣ *(Class 3)*

مجال كهرومغناطيسى مشع شديد ، مثل المجال الناتج من مرسلات مستقبلات ذات تردد عالى قريبة من المعدات والاجهزة .

- القسم رقم ٤ *(Class 4)*

لبيئة تحتوى على مجال كهرومغناطيسى مشع شديد جداً ، ويتفق على مستوى الخطورة مع المصنع .

فى حالة الرغبة فى الحصول على تفاصيل لاختبارات المناعة يرجع الى المواصفات

جدول (٧ - ١٠) مستويات الخطورة لتيار اختبار المجال المغناطيسي النابضة

Level	Maximum field magnitude* A/m
1	–
2	–
3	100
4	300
5	1 000
x	Subject to agreement

* Without EUT.

جدول (٧ - ١١) مستويات الخطورة لتيار اختبار المجال المغناطيسي التذبذبي المتضائل

Level	Maximum field magnitude* A/m
1	–
2	–
3	10
4	30
5	100
x	Subject to agreement

* without EUT.

جدول (٧ - ١٢) مستويات الخطورة لشدة مجال اختبار المجال الكهرومغناطيسي المشع

Level	Test field strength V/m
1	1
2	3
3	10
x	Subject to agreement

القياسية العالمية ارقام :

IEC 1000 - 4 - 1
IEC 1000 - 4 - 7
IEC 1000 - 4 - 8
IEC 1000 - 4 - 9
IEC 1000 - 4 - 10
IEC 1000 - 4 - 11

تم مؤخراً تصنيع محاكى لتخليق جميع اضطرابات الترددات المنخفضة يمكن استخدامه بواسطة كل من هيئات الكهرباء ومصنعى الاجهزة والمعدات الكهربائية .اذ يمكن لهيئات الكهرباء استخدام المحاكى فى التحقق من مطابقة الاجهزة والمعدات الكهربائية على شبكاتها ولدى مستهلكى الطاقة الكهربائية للمواصفات القياسية ، ويمكن لمصنعى الاجهزة والمعدات الكهربائية اجراء اختبارات المناعة على منتجاتها قبل اغراق الاسواق بها .

ملحق (١)

قيم الجهد القياسية

Standard Voltage Amplitudes

حددت المواصفات القياسية الامريكية (NEMA) , (ANSI) حدود التغير المسموح فى قيم كل من الجهود التالية :

- الجهد المقنن (Rated voltage)
- جهد الخدمة (Service entrance)
- جهد الانتفاع (Utilization voltage)

اولاً سنتعرف كل جهد ·

- الجهد المقنن :

هو الجهد الذى اسندت اليه خواص تشغيل وحدة كهربائية معينة ، و عادة يسجل على لوحة بيان المعدة ، وعنده يتحقق الاداء الامثل للمعدة .

- جهد الخدمة :

هو الجهد عند نهايات او اطراف تجهيزات دخول الكهرباء للمستهلك .

- جهد الانتفاع :

هو الجهد عند اطراف الجهاز او المعدة الكهربائية او هو الجهد عن مقبس التيار المجهز لتغذية الاجهزة والمعدات الكهربائية للمستهلك .

ويلاحظ ان جهد الانتفاع يقل عن جهد الخدمة بقيمة هبوط الجهد فى التوصيلات الداخلية للمستهلك .

وتوضح الجداول من رقم ١ الى ٦ القيم القياسية للجهد فى كل من الانظمة الاحادية الوجه والثلاثية الاوجه (ثلاثة او اربعة اسلاك) لكل من المولدات والمحولات والمحركات ، والمعدات عند المستهلك .

جدول (١)

القيم القياسية لمقنن جهد معدات الشبكة (نظام احادى الوجه) (فولت)

الجهد المقنن للمبـــات	الجهد المقنن للمحرك ووسيلة التحكم	الجهد الابتدائى المقنن للمحولات	الجهد الثانوى المقنن للمحولات	الجهد المقنن للمولد	الجهد الاسمى للنظام
118 or 120	115	120	120 or 120/240	120 or 120/240	120 or 120/240
236	230	240	120 or 120/240	240 or 120/240	240 or 120/240
118 or 120	115	120	208 Y / 120	208 Y / 120	208 Y / 120

NEMA 117

جدول (٢)

مقنن الجهد للمولدات ثلاثية الاوجه (فولت)

13800	2400	208 Y / 120
14400	4160	240
	4800	480
	6900	600

جدول (٣)

مقنن جهد المحركات ثلاثية الاوجه والمحكمات (فولت)

6600	550	110
11000	2300	208
13200	4000	220
	4600	440

جدول (٤)

الجهود الاسمية القياسية للأنظمة

احادية الوجه		
	120	
	120 / 240	
	240	
ثلاثية الاوجه		
34500	4800	208 Y / 120
46000	6900	240
69000	12000	480
115000	13200	600
	13800	2400
	23000	4160

جدول (٥) الجهد المقنن للمحولات ثلاثية الاوجه :

الجهد الابتدائي المقنن	الجهد الثانوى المقنن
208 or 120	208 Y / 120
240	240
480	480
600	600
2400	2400
4160	4160
4800	4800
6900	6900
12000	12000
13200	13200
13800	13800
22900	
34400	
43800	
67000	
110000	

جدول (٦)

حدود جهد الاستقرار عند المستهلك (جهد الخدمة)

الحالات الطارئة والمحتملة	الحالات العادية	القيـــــاس	جهد النظام (فولت)
127 - 110	126 - 114	بين الاوجه ونقطه التعادل	120 / 208 ثلاثة اوجه اربعة اسلاك
220 - 191	218 - 197	بين وجهين	
127 - 110	126 - 114	بين خط ونقطة التعادل	120 / 240 وجه واحد ثلاثة اسلاك
254 - 220	252 - 228	بين خطين	
293 - 254	291 - 263	بين وجه ونقطة التعادل	277/480 ثلاثة اوجه اربعة اسلاك
508- 440	504 - 456	بين وجهين	

ملحق (٢)

الاصطلاحات الشائعة

Glossary of Common Terms

١ - **الاضطرابات الكهرومغناطيسية** *(Electromagnetic disturbances)*

هى أى ظاهرة كهرومغناطيسية يمكن ان تؤدى الى افساد عمل جهاز او معدة او شبكة (او تقليل كفاءة ودرجة تشغيل أى منهم) .

كما يمكن ان تتمثل الاضطرابات الكهرومغناطيسية فى الضوضاء او الشوشرة الكهرومغناطيسية ، أو أشارة غير مرغوبه او التغيير فى انتشار الوسط نفسه .

٢ - **التناسق الكهرومغناطيسى** *(Electromagnetic compatibility)*

والتى يرمز لها بالرموز *EMC*

هو مقدرة المعدة او الشبكة للعمل على نحو مرضى فى البيئة الكهرومغناطيسية بدون اضطرابات كهرومغناطيسية لاتحتمل لمكونات هذه البيئة .

٣ - **الانبعاث الكهرومغناطيسى** *(Electromagnetic emission)*

هى ظاهرة انبعاث الطاقة الكهرومغناطيسية من المصدر .

٤ - **المناعة (للاضطرابات)** *(Immunity)*

هى مقدرة الجهاز او المعدة او النظام للعمل بدون افساد فى وجود الاضطرابات الكهرومغناطيسية.

٥ - **مستوى الانبعاث** *Emission level (of a disturbing source)*

(للمصدر المضطرب) :

هو مستوى الاضطراب الكهرومغناطيسى المحدد المنبعث من اجهزة خاصة او معدة او نظام ويقاس بطرق خاصة .

٦ - **حد الانبعاث** *Emission limit (from a disturbing source)*

(من المصدر المضطرب) :

هو اقصى مستوى انبعاث مسموح .

٧ - **مستوى المناعة** *(Immunity level)*

هو أقصى مستوى للاضطراب الكهرومغناطيسي المحدد الحادث بطريق محدد بجهاز خاص او معدة او نظام ، والذى عنده لايحدث افساد فى التشغيل .

٨ - **حد المناعة** *(Immunity limit)*

اقل مستوى مناعة مطلوب .

٩ - **مستوى الاضطراب** *(Disturbance level)*

هو مستوى الاضطراب الكهرومغناطيسى المحدد المقاس بطريقة محددة .

١٠ - **مستوى التناسق الكهرومغناطيسى**

(Electromagnetic compatability level)

هو المستوى المقبول المحدد للاضطرابات (ويجب ان يكون احتمال التناسق الكهرومغناطيسى عالى) .

١١ - **مدى الانبعاث** *(Emission margin)*

هو نسبة مستوى التناسق الكهرومغناطيسى منسوبا الى حد الانبعاث .

١٢ - **مدى المناعة** *(Immunity margin)*

هو نسبة حد المناعة الى مستوى التناسق الكهرومغناطيسى

١٣ - **مدى التناسق الكهرومغناطيسى**

(Electromagnetic compatibility margin)

هو نسبة حد المناعة منسوباً الى حد الانبعاث .

كذلك هو حاصل ضرب مدى الانبعاث فى مدى المناعة .

١٤ - **الباعثات** *(Emitters)*

هى الاجهزة او المعدات او النظم التى تبعث اضطرابات في الجهود او التيارات او المجالات او هى مصادر انبعاث الاضطرابات الكهرومغناطيسية.

١٥ - **القابلات** *(Susceptors)*

هى الاجهزة او المعدات او النظم التى يمكن ان يتأثر تشغيلها بالانبعاثات

١٦ - **مسار الربط** *(Coupling path)*

هو الوسط بين الباعثات والقابلات (مثلا : كابلات - محولات ....)

١٧ - **حد الاضطراب** *(Disturbance limit)*

هو اقصى مستوى مسموح للإضطرابات الكهرومغناطيسية

يوضح الشكل (١) التعريفات الخاصة بالانبعاث والمناعة والتناسق وذلك فى حالة اضطراب واحد لباعث وقابل فقط

ويوضح شكل (٢) مثال لمستويات التناسق (U_C) للتوافقيات الفردية فى جهد شبكة الجهد المنخفض - وموضحاً بالرسم حد الانبعاث ومستوى التناسق وحد المناعة لكل توافقية فردية (من المواصفات القياسية العالمية *IEC 1000-1-1*)

١٨ - **مستوى الاضطراب الكلى** *(Total Disturbance level)*

هو مستوى الاضطراب الكهرومغناطيسى المحدد الحادث من تراكب الانبعاثات لكل المعدات فى الشبكة المحددة .

١٩ - **نقطة الربط** *(Point of coupling)*

ويرمز لها بالرموز *(PC)*

وهى النقطة التى يدرس عندها التناسق الكهرومغناطيسى

٢٠ - **نقطة الربط المشترك** *(Point of common coupling)*

ويرمز لها بالرموز *(PCC)*

هي نقطة الربط مع شبكة تغذية عامة والتى يغذى منها الشبكة تحت الدراسة يمكن ايضاً توصيل نظم اخرى (مستهلكين) عند هذه النقطة او بالقرب منها

٢١ - **نقطة الربط الداخلية** *(In-plant point of coupling)*

ويرمز لها بالرموز *(IPC)*

وهى نقطة الربط داخل النظام او المنشأة تحت الدراسة .

يوضح شكل (٣) التعريفات الخاصة بنقط الربط المشترك ونقط الربط الداخلية .

٢٢ - التداخل الكهرومغناطيسى *(Electromagnetic interference)*

هو افساد عمل الاجهزة او قنوات النقل او النظام نتيجة للاضطرابات الكهرومغناطيسية

٢٣ - القابلية للكهرومغناطيسية *(Electromagnetic Susceptibility)*

هو عدم قابلية الاجهزة او المعدات او النظام للعمل بدون حدوث افساد فى حالة وجود اضطراب كهرومغناطيسى .

او هى فقدان المناعة

٢٤ - مستوى الخطورة *(Severity level)*

هى قيمة التداخل الكهرومغناطيسى المحدد لاختبار المناعة .

(يمكن ان تحدد المواصفات القياسية للاختبارات مستويات خطورة متعددة تبعاً لمستويات المناعة المختلفة)

٢٥ - الموجة العابرة *(Transient)*

هى ظاهرة تدل على أو هى الكمية التى تتغير بين حالتين مستقرتين *(Steady state)* متتاليتين خلال فترة زمنية صغيرة .

او هى نبضة احادية الاتجاه *(Unidirectional impulse)* لموجة تذبذبية متضائلة يحدث لها اول ذروة بقطبية موجبه او سالبه .

٢٦ - فجائيات الجهد *(Voltage surge)*

هى موجات جهد عابرة تمتد او تنتقل على الخط او الدائرة وتتميز بانها تزيد بسرعة ويتبعها انخفاض بطئ فى الجهد .

وتعرف ازمنة الفجائيات كالآتى :

– زمن الصعود *(rise time)*

زمن صعود الفجائيات بين 10% و 90% من قيمة الذروة .

- زمن البقاء *Duration*

الزمن بين مستويات 50% من قيمة الذروة صعوداً او هبوطاً .

٢٧ - خطوط القدرة *(Power lines)*

الخطوط المنشأة من مصدر التغذية (جهد متردد او مستمر)

٢٨ - خطوط التحكم *(Control lines)*

جميع الخطوط لاغراض التحكم والقياس والاشارات .

٢٩ - الجهد غير المتماثل *(Asymmetrical voltage)*

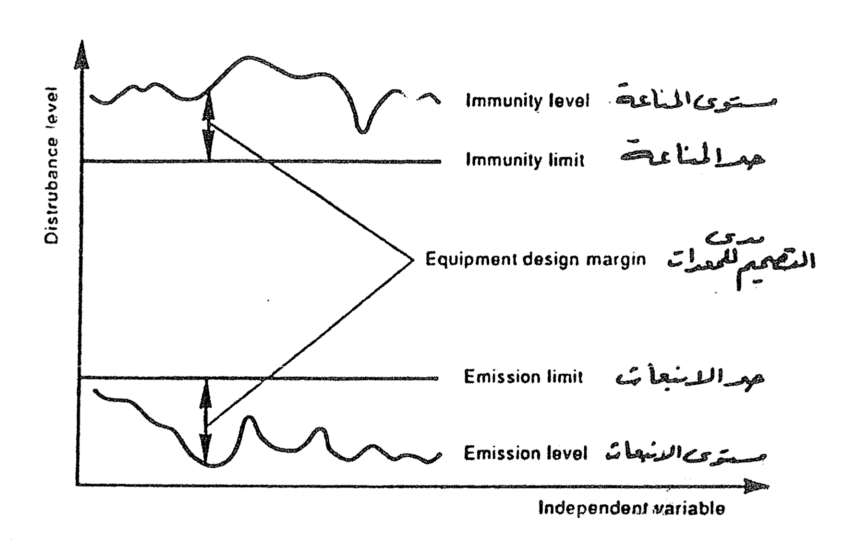
والذى يطلق عليه ايضا جهد النسق المشترك *(Common mode voltage)* .

هو القيمة المتوسطة *(mean)* لجهود الاوجه التى تظهر بين كل موصل والمرجع المحدد *(reference)* والذى يكون عادة الارض او الهيكل .

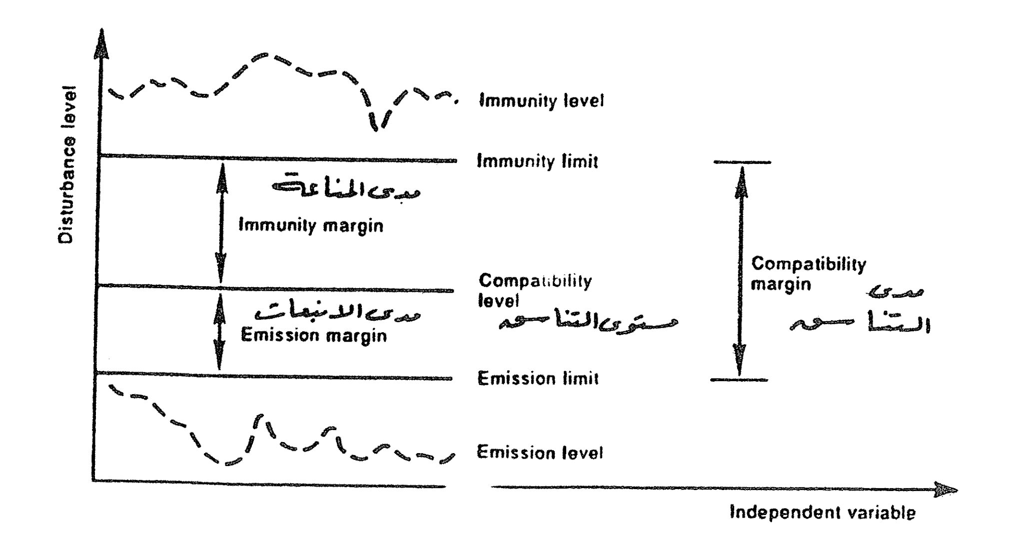
٣٠ - الجهد المتماثل *(Symmetrical voltage)*

والذى يطلق عليه ايضاً جهد النسق الفرقى *(Differential mode voltage)*

هو الجهد بين اى قيمتين محددتين للموصلات الفعالة .

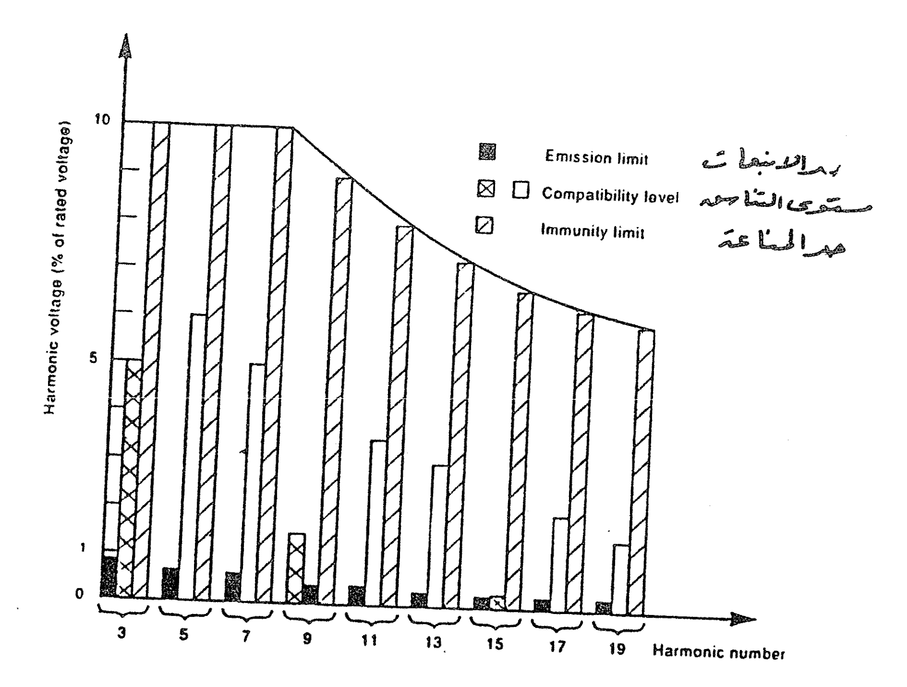


" أ "

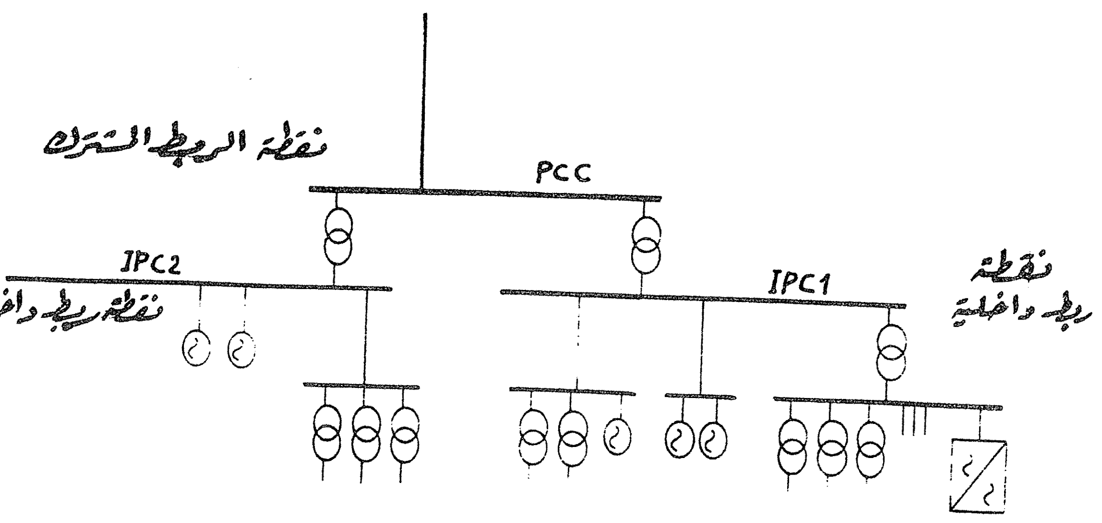


" ب "

شكل (١) التعريفات الخاصة بالانبعاث والمناعة والتناسق



شكل (٢) مثال لمستوى التناسق للتوافقيات الفردية في شبكة جهد منخفض



شكل (٣) شبكة ذات جهود مختلفة وتمثيل PCC ، IPC

References

1 - *Direction of Research on Electric Power Quality*

A. Domijan , G.T. Heydt, A.P.S. Meliopoulos

IEEE Transactions on power Delivery. Vol. 8 No. 1, January 1993

2 - *Power Quality*

A guide for users of computers and other sensitive electronic equipment .

Memphis light, Gas and water division

3 - *Industrial Power Systems Handbook*

Donald Beeman, Editor

Mc GRAW-Hill Book Company, Inc.

1955 New York Toronto London .

4 - *Third International conference on power quality :*

End - use applications and perspectives

PQA 94

part 1 , part 2 1994

5 - *IEEE Transactions on Power Delivery , vol. 8, No. 1, Jan 1993*

On the harmonic compensation in nonsinusoidal systems

Alexander Eigeles, Minghao Yang.

6 - *Compensation Systems for Industry*

Brown Boveri Rev. 9110 - 83

7 - *IEC 555 1982*

Disturbance in supply systems caused by household appliances

and similar electrical equipment.

part 1 : Definitions

Part 2 : Harmonics

Part 3 : Voltage Fluctuations

8 - *Electricity distribution network design*

IEE Power Engineering series 9

E. Lakervi and E.J. Holmes

9 - *IEEE Transactions on Power Delivery . Vol. 8, No. 1 Jan , 1993*

A survey of harmonic Voltages and Currents at the customer's bus

10 - *Power Electronics*

D.A. BRADLEY

Department of Engineering

University of Lancaster

11 - *Electrotek* (كتالوج)

Power Quality

Monitoring Service

12 - *Manitoring Power Quality Levels on Distribution Systems*

Erich W. Gunther James L. Thompson Roy V. Dwyer

Marshad Menta

Electrotek Concepts, Inc

Electric Power Research Institute

13 - *UPDATE On The EPRI Distribution Power Quality Monitoring Project*

Erich W. Gunther ...

Electroteck Concepts , Inc

Electric Power Research Institute

PQA 93 Third international conference on power quality

SAN DIEGO, November 16-19 , 1993 .

14 - A Survey of Distribution System power Quality

Preliminary Results

IEEE/PES 1993 Summer meeting

Vancouver , B.C.

15 - Power Quality Considerations for Automative plants

Electric Power Research Institute

EPRI Distribution Center 1991

16 - IEEE std. 519 - 1992

IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control Electrical Power Systems

17 - IEEE Distribution Subcommittee's working group on voltage Flicker , "Flicker Limitations of Electric Utilities"

IEEE Transactions on Power Apparatus and systems, vol. PAS-104, No. 9, September 1985 .

18 - Distribution Series Capacitors for improve power quality Satoru Ihara Walter J. Ros.

PQA 94

24-27 October 1994 , Part 2 .

Third International Conference on power quality

19 - IEC 1000 - 1 -1 1992

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 1 :

General

Section 1 : Application and interpretation of fundamental definitions and terms .

20 - IEC 1000 - 2 - 3 1992

Electromagnetic compatability(EMC)

Part 2 :

Environment

section 3 : Description of the environment Radiated and non-network-frequency - rated

conducted phenomena .

21 - IEC 1000 - 2 - 4 1994

Electromagntic compatibility (EMC)

Part 2 :

Environment

section 4 : Compatibility levels in industrial plants

for low-frequency conducted disturbances

22 - IEC 1000 - 4 - 1 1992

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 4 :

Testing and measurment techniques .

section 1 : Overview of immunity tests

Basic EMC publication

23 - *IEC 1000 - 4 - 9 1993*

Electromagnetic Compatibility (EMC)

Part 4 :

Testing and measurement techniques

Section 9 : Pulse magnetic field immunity test

Basic EMC publication

24 - *IEC 1000 - 4 - 10 1993*

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 4 :

Testing and measurment techniques .

Section 10 : Damped oscillatory magnetic field immunity test .

Basic EMC Publication

25 - *IEC 1000 - 4 - 11 1994*

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 4 :

Testing and measuring techniques

Section 11 : Voltage dips , short interruptions and voltage variations immunity tests

26 - *Influence of voltage dips and sags characteristics on electrical machines and drives : Evaluation and prespective*

A. David, J. Maire and M. Dessoude

France

PQA 94

Proceedings Part 1

October 24-27 1994 Amsterdam, The Netherlands

27 - *Preliminary results from the EPRI Distribution Power Quality Project*

D. Sabin , T.E Grebe, S. Reneaue' Baird , A. Sundaram

USA

PQA 94

Proccedings Part 1

October 24-27 , 1994 Amsterdam, The Netherlands

28 - *Monitoring Power Quality in the UK*

D. Mueller (USA) , E. Delaney, N. Foster (United Kingdom)

PQA 94

Proceedings part 2

October 24 - 27 , 1994 Amsterdam, The Netherlands

29 - *Synchronized Switching of MV- Circuit breaker for MV-capacitor banks*

R. Söderström Sweden

PQA 94

Proccedings part 2

October 24-27, 1994 Amesterdam , The Netherlands

معجم الكلمات المستخدمة

(A)

Acceptance test .... أختبار القبول

Amplitude .... القيمة

Antenna .... الهوائيات

Arc furnace .... فرن القوس الكهربى

Arc welder .... ماكينة اللحام بالقوس

Asymmetrical voltage .... الجهد الغير متماثل

Asynchronous machines .... الآلات غير المتزامنة

Automatic Spot-Welder .... ماكينة اللحام النقطى الآلية

Auto - transformer .... المحول الذاتى

(B)

Bar graph .... الرسم التمثيلى بالقضبان

Battery .... بطارية

Blackout .... الأنقطاع الكامل

Border Line of irritation .... خط حافة التهيج

Border line of Visibility .... خط حافة الرؤية

Buffering system .... نظام مصدات

Bursts .... دفعات

(C)

Charging resistor .... مقاومة الشحن

Coil factor .... عامل الملف

Combination wave generator .... مولد موجة مركبة

Common mode voltage .... جهد النسق المشترك

Commutation notches .... نقرات التوحيد

Compatability levels .... مستويات تناسق

Compressor .... ضاغط

Consumer .... المستهلك

Continuous spectrum .... طيف مستمر
Control lines .... خطوط التحكم
Converter .... مبدل
Coupling path .... مسار الربط
Crane .... رافعة
C-type damped filter .... مرشح أخماد من النوع C
Current i/p .... تيار المدخل
Cyclo-converters .... المبدلات الدورية

(D)

Damping .... التضائل / الأخماد
D-C blocking capacitor .... مكثف منع مرور التيار المستمر
Deviation .... الأنحراف
Differential mode voltage .... جهد النسق الفرقى
Dip depth .... عمق الانحدار
Dip duration .... فترة الانحدار
Discrete frequencies .... الترددات المتفرقة
Distortion limit .... حد التشوه
Distribution systems .... شبكات التوزيع
Disturbance level .... مستوى الأضطراب
Disturbance limit .... حد الأضطراب
Domestic refrigerator .... ثلاجة منزلية
Double tuned filter .... مرشح توليف مزدوج
Drop hammer .... مطرقة ساقطة
Duration .... زمن البقاء

(E)

Electrical noise .... الشوشرة الكهربائية
Electrical Research Association .... جمعية الأبحاث الكهربائية
Electric arc furnace .... فرن القوس الكهربى

Electromagnetic compatibility .... التناسق الكهرومغناطيسى
Electromagnetic compatibility level .... مستوى التناسق الكهرومغناطيسى
Electromagnetic compatibility margin .... مدى التناسق الكهرومغناطيسى
Electromagnetic disturbances .... الأضطرابات الكهرومغناطيسية
Electromagnetic emission .... الأنبعاث الكهرومغناطيسى
Electromagnetic environment .... البيئة الكهرومغناطيسية
Electromagnetic interference .... التداخل الكهرومغناطيسى
Electromagnetic Susceptibility .... القابلية الكهرومغناطيسية
Electrostatic discharge .... التفريغ الكهروستاتيكى
Electrostatic disturbances .... الأضطرابات الكهروستاتيكية
Elevator .... مصعد
Emission .... أنبعاث
Emission level .... مستوى الأنبعاث
Emission limit .... حد الأنبعاث
Emission margin .... مدى الأنبعاث
Emitters .... الباعثات
Energy stored capacitor .... مكثف تخزين الطاقة
Equipment under test .... الجهاز المراد اختباره
Establishing benchmarks .... مستويات التناسق

(F)

Fast fourier transform .... تحليل فورير السريع
Fast transient voltage bursts .... دفعات الجهد العابرة السريعة
Fiber optical .... الياف بصرية
Filter .... مرشح
Firing .... الاشعال
Flashing signs .... أشارات ومضية
Flicker .... الأرتعاش
Fluctuation .... التقلبات

Frequency	التردد
Frequency selective	أختيار الجهد
Frequency spectrum	ترددات الطيف الترددى
(G)	
Gas	الغـــاز
(H)	
Harmonic order	درجة التوافقية
Harmonics	التوافقيات
Harmonics analysis	تحليل التوافقيات
Helmoltz coil	ملف "هيلموتز"
High frequencies	ترددات عالية
Histogram	الرسم البيانى النسيجى
Hoist	آلة رافعة
House pumps	طلمبات المنازل
Hybrid generator	مولد هيجين
(I)	
Immunity	مناعة
Immunity factor	عامل المناعة
Immunity levels	مستويات المناعة
Immunity limit	حد المناعة
Immunity margin	مدى المناعة
Immunity tests	أختبارات المناعة
Impedance	معاوقة
Impulses	النبضات
Incandescent lamps	المصابيح المتوهجة
Individual	المنفصلة (فردى)
Induced voltages	الجهود الحادثة
Induction coil	ملف حث

In-plant point of coupling .... نقطة الربط الداخلية
Inrushcurrent .... تيارات دفعية
Inter harmonics .... التوافقيات البينية
Interruptions .... انقطاع التغذية
Inverter D.C/A.C .... مبدل *D.C/A.C*
Isolation tranformers .... المحولات العازلة
Isolator .... سكينة عازلة

(L)

Lightning striking .... شرارة الصواعق
Lockout .... توقف (زرجنة)

(M)

Magnetic disturbances .... الإضطرابات المغناطيسية
Mark .... علامة
Matching .... موائمة
Mean .... القيمة المتوسطة
Memory time .... زمن الذاكرة
Momentary Interruption .... انقطاع لحظى
Monitoring of power quality .... مراقبة جودة التغذية
MonitorPower quality .... مرقاب جودة التغذية
Motor/Generator set .... وحدة مولد / محرك

(N)

Negative sequence .... مركبة التتابعية السالبة
Noise .... شوشرة
Non linear .... غير خطية
Notch area .... مساحة النقرة
Notch depth .... عمق النقرة
Notches .... نقرات

(O)

Oil burner .... الموقد الزيتى

Operator .... المشغل

Optical isolators .... عازلات بصرية

Oscillatory frequency .... التردد التذبذبى

Oscillatory transients .... الموجات العابرة التذبذبية

Oscillatory wave .... موجة تذبذبية

Oscilloscope .... مرسمة تذبذبات

Outages .... أنقطاعات التيار الكهربى

Over voltage .... الجهد المرتفع

(P)

Parallel injection circuit .... دائرة حقن توازى

Parallel single tuned filter .... مرشح توليف أحادى توازى مركب

Permanent interruption .... الأنقطاع الكامل

Point of common coupling (PCC) .... نقطة الربط المشترك

Polarity .... القطبية

Positive Sequence .... مركبة التتابعية الموجبة

Power amplifier .... مكبر القدرة

Power frequency variation .... التغير فى تردد المصدر

Power lines .... خطوط القدرة

power quality .... جودة التغذية

Process .... العمليات

Protected supplies .... مصادر التغذية المحمية

Pulse generator .... مولد النبضات

Pulse magnetic field .... المجال المغناطيسى النابض

(R)

Radiated electromagnetic field .... المجال الكهرومغناطيسى المشع

Radio frequency .... التردد السمعى

Random .... عشوائى
Rated voltage .... الجهد المقنن
Re-accelerate .... التسارع
Reciprocating pump .... المضخة الترددية
Rectifier .... موحد
Regulating device .... جهاز التنظيم
Relative voltage fluctuation .... تقلب الجهد النسبى
Repetition rate .... معدل التكرار
Residual .... المتبقية
Ring waves .... الموجات الحلقية
Ripple - controlled devices .... الأجهزة المتحكم فيها بالنبضات
Ripple control reciver .... مستقبل التحكم فى النبضات
Rise time .... زمن الصعود

(S)

Sag .... الارتخاء
saw .... منشار
Second order damped filter .... مرشح أخماد الدرجة الثانية
Sensitivity curve .... منحنى الحساسية
series injection circuit .... دائرة حقن توالى
Series reactor .... ممانعة توالى
Service entrance .... جهد الخدمة
Severity level .... مستوى الخطورة
Short circuit .... دائرة القصر
Short supply interruption .... أنقطاع التغذية الكهربائية لفترة قصيرة
Short-time interruption .... الانقطاع ذات الفترات القصيرة
Signal .... أشارة
Signalling systems .... أشارات النظم
Single resistive load .... حمل مقاومية أحادية

Single tuned filter .... مرشح توليف أحادى
Sinusoidal voltage fluctuation .... تقلب الجهد جيبى الموجة
Source of disturbances .... مصدر الإضطرابات
Spot - welder .... لحام نقطى
Stable point .... نقطة الأستقرار
Static frequency converter .... مبدل التردد الأستاتيكية
Statistical summary .... الملخصات الأحصائية
Strength variation .... التغير فى شدة المجال
Sump pump .... طلمبة حوض
Suppression factor .... عامل ابطال
Suppressors .... مخمدات
Surges .... فجائيات
Susceptors .... القابلات
Symmetrical voltage .... الجهد المتماثل
Symmetry of 3-phase system .... تماثل أوجه النظام الثلاثة
Synchronous link .... أتصال بربط متزامن
Synthetic .... الالياف الصناعية
Swell .... أنتفاخ

(T)

Theatrical lighting .... أضاءة المسارح
Third order damped filter .... مرشح أخماد الدرجة الثالثة
Three-phase voltage unbalance .... عدم أتزان الجهد للثلاثة أوجه
Total demand distortion (TDD) .... التشوه الكلى للحمل
Total disturbance level .... مستوى الأضطراب الكلى
Total harmonic distortion factor (THD) .... عامل التشوه الكلى للتوافقيات
Transceivers .... مرسلات مستقبلات
Transfer - switch .... مفتاح تحويل
Transient .... الموجه العابرة

Transient disturbance .... الأضطراب العابر
Transient harmonics .... التوافقيات العابرة
Transient voltages .... الجهود العابرة
Transient voltage surge .... أندفاع مفاجئ فى الجهد
Trigger .... أطلاق
Tuned filter .... مرشح توليف
Type test .... الأختبار النوعى

(V)

Vacuum .... تفريغ
Variable speed drives .... معدات الجر بمتممات السرعة
Voltage changes .... التغير في الجهد
Voltage dip .... أنحدار الجهد
Voltage distortion limit .... حد تشوه الجهد
Voltage drop .... هبوط فى الجهد
Voltage envelope .... غلاف الجهد
Voltage fluctuation .... التقلب فى الجهد
Voltage recovery .... أستعادة الجهد
Voltage regulator .... منظم الجهد
Voltage Sag .... ارتخاء الجهد
Voltage spikes .... الجهود الأبرية
Voltage surge .... أندفاع مفاجئ فى الجهد
Voltage unbalance .... عدم أتزان الجهد

(X)

X-ray equipments .... معدات أشعة أكس

(Z)

Zero crossing detector .... دوائر كاشفات تغيير إشارات الموجات

للمؤلفة

١ - المكثفات وتحسين معامل القدرة

٢- المحولات الكهربائية ـ الجزء الأول

٣ - المحولات الكهربائية ـ الجزء الثانى

٤ - الوقاية فى الشبكات الكهربائية ـ الجزء الأول

٥ - التوافقيات فى الشبكات الكهربائية

« جودة التغذية الكهربائية »

رقم الايداع بدار الكتب القومية
٩٥ / ٢٩٨٠
فى ١٩٩٥/٢/١٥

دار الجامعيين للطباعة
٣٧ ش السلطان عبد العزيز - الأزاريطة
ت : ٤٨٢٢٠٠٤